

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na
bibliografske podatke, kot je navedeno:

Vasić, Z., 2016. Postavitev jeklene
šotorske konstrukcije. Diplomski naloga.
Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta
za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica
Šelih, J.): 56 str.

Datum arhiviranja: 15-09-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's
bibliographic information as follows:

Vasić, Z., 2016. Postavitev jeklene
šotorske konstrukcije. B.Sc. Thesis.
Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty
of civil and geodetic engineering.
(supervisor Šelih, J.): 56 pp.

Archiving Date: 15-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
SMER OPERATIVNO
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

ZORAN VASIĆ

POSTAVITEV JEKLENE ŠOTORSKE KONSTRUKCIJE

Diplomska naloga št.: 553/SOG

INSTALLATION OF STEEL MEMBRANE STRUCTURE

Graduation thesis No.: 553/SOG

Mentorica:

prof. dr. Jana Šelih

Ljubljana, 09. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani/-a študent/-ka Zoran Vasić, vpisna številka 26108025 avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Postavitev jeklene šotorske konstrukcije

IZJAVLJAM**1. Obkrožite eno od variant a) ali b)**

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: Ljubljani

Datum: 21.07.2016

Podpis študenta/-ke:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	624.014.2:685.531.2:725.35(043.2)
Avtor:	Zoran Vasić
Mentorica:	prof. dr. Jana Šelih
Naslov:	Postavitev jeklene šotorske konstrukcije
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – VSŠ
Obseg in oprema:	56 str., 2 tab., 57 sl., 1 en., 2 pril.
Ključne besede:	jeklena konstrukcija, membrana, skladiščni šotor, vroče cinkanje, varjenje, viličar, dvizna ploščad

Izvleček

V sklopu diplomske naloge smo obravnavali postopek izdelave in postavitve jeklene šotorske konstrukcije. Predstavili smo glavne sestavne dele objekta in njegove prednosti v primerjavi s klasično grajenimi objekti. Kljub temu, da je v Sloveniji postavljenih veliko takšnih objektov se še vedno pojavljajo predsodki glede šotorskih konstrukcij. Predvsem se pojavljajo dvomi glede nosilnosti konstrukcije in trajnosti membranskega prekritja, kar pa je pri izbiri kvalitetnega proizvajalca povsem odveč. Namembnost takšnih objektov je iz dneva v dan večja, kar lahko pripisujemo kvalitetni izvedbi in nenehnemu razvoju konstrukcij ter membranskih prekritij. Skozi predstavljene in opisane faze je naštet tudi mehanizacija in ostala oprema, ki je potrebna za uspešno izvedbo in montažo. Veliko prednost jeklenih šotorskih konstrukcij predstavlja enostavno temeljenje, ki se ga lahko uporablja pri relativno velikih razponih konstrukcije. Membransko prekritje z ustrezno izbranimi barvami zagotavlja dobro osvetljenost v prostoru, hkrati pa dobra barvna kombinacija naredi objekt vizualno atraktiven. V nalogi je na kratko predstavljen tudi material membrane in postopki krojenja oziroma varjenja posameznih trakov.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	624.014.2:685.531.2:725.35(043.2)
Author:	Zoran Vasić
Supervisor:	Prof. Jana Šelih, Ph. D.
Title:	Installation of steel membrane structure
Document type:	Graduation Thesis – Higher professional studies
Notes:	56 p., 2 tab., 57 fig., 1 eq., 2 ann.
Key words:	steel structure, membrane, warehouse tent, hot-dip galvanization, welding, forklift, scissor lift

Abstract

Within this thesis we discussed the process of manufacture and installation of a steel membrane structure. We presented the main components of the facility and its advantages compared with conventional engineering structures. Although in Slovenia a number of such facilities have been placed, prejudices regarding membrane structures still occur. Above all, doubts about the load-bearing capacity and the durability of membrane covers occur, which is completely superfluous when choosing a high-quality manufacturer. The intended use of such structures is increasing day by day, which can be attributed to a quality implementation and a constant development of structures and membrane covers. Through the presented and described phases, also the machinery and other equipment that is necessary for a successful implementation and installation, is listed. A great advantage of steel membrane structures is represented by a simple foundation, which can be used at relatively large spans of the structure. A membrane cover with appropriately selected colours provides a good illumination of the place, while a good colour combination makes the facility visually attractive. The thesis also represents a brief overview of the membrane material and the procedures of cutting out and welding of individual strips.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Jani Šelih za strokovno pomoč in nasvete pri nastajanju diplomske naloge.

Iskrena hvala tudi celotnemu kolektivu podjetja Konstrukcije Schwarzmann d.o.o. za izkazano zaupanje, strokovno pomoč in podporo tekom študija.

Posebna zahvala gre moji mami, sestri in Tanji, ki so mi skozi vsa ta leta študija brezpogojno stale ob strani ter me spodbujale.

KAZALO VSEBINE

IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION	IV
ZAHVALA.....	V
1 UVOD	1
2 PREGLED JEKLENIH ŠOTORSKIH KONSTRUKCIJ	2
2.1 Uvod	2
2.2 Namembnost jeklenih šotorskih konstrukcij.....	3
2.3 Tipi jeklenih šotorskih konstrukcij	6
2.4 Geometrijska zasnova nosilnih okvirjev	7
2.4.1 Enokapnica.....	7
2.4.2 Dvokapnica.....	8
2.4.2.1 Ravna strešina	8
2.4.2.2 Segmentna strešina	9
2.4.2.3 Ločna strešina.....	10
2.5 Glavni sestavni deli jeklene šotorske konstrukcije.....	10
2.6 Temeljenje jeklenih šotorskih konstrukcij	11
2.6.1 Asfaltna in peščena podlaga	11
2.6.2 AB podlaga.....	12
2.7 Možnosti prekritja	13
2.7.1 Enojna membrana – po zunanjem obodu konstrukcije	13
2.7.2 Dvojna membrana – po zunanjem in notranjem obodu konstrukcije.....	13
3 Izdelava nosilne jeklene konstrukcije.....	15
3.1 Izdelava PZI dokumentacije	15
3.2 Razrez profilov in pločevine.....	16
3.2.1 Razrez profilov s tračno žago za kovino.....	16
3.2.2 Razrez pločevine s CNC plazemskim razrezom	17
3.3 Priprava sestavnih elementov za površinsko zaščito	18
3.3.1 Zaščita konstrukcije z barvanjem	18
3.3.2 Zaščita konstrukcije z vročim pocinkanjem	21
3.4 Varjenje nosilnih elementov konstrukcije.....	23

3.4.1	Priprava šablone	23
3.4.2	Priprava zvarjencev.....	24
3.4.3	Varjenje pripravljenih elementov	25
3.5	Pakiranje zvarjencev in transport	25
4	Izdelava membranskega prekritja jeklene nosilne konstrukcije	27
4.1	Membranski material za prekrivanje jeklenih konstrukcij	27
4.2	Sestava tkanine iz poliestrskih vlaken, prevlečenih z vinili.....	27
4.3	Krojenje membrane po načrtu	28
4.3.1	Ročno krojenje	29
4.3.2	Strojno CNC krojenje	29
4.4	Grafična dodelava membrane	30
4.4.1	Digitalni tisk	30
4.4.2	Sitotisk.....	30
4.4.3	Barvne kombinacije.....	30
4.5	Varjenje membrane po načrtu	31
4.5.1	Varjenje z vročim zrakom.....	32
4.5.2	Varjenje s klinom.....	33
4.5.3	Visoko frekvenčno varjenje - HF	33
4.6	Pakiranje membrane	34
5	Montaža jeklene šotorske konstrukcije.....	36
5.1	Oprema	36
5.1.1	Viličar	36
5.1.1.1	Navaden čelni viličar	37
5.1.1.2	Teleskopski viličar.....	37
5.1.2	Dvižna ploščad.....	37
5.1.2.1	Škarjatska dvižna ploščad	37
5.1.2.2	Teleskopska dvižna ploščad	38
5.1.3	Avtodvigalo.....	39
5.1.4	Mini bager	39
5.1.5	Ostalo električno in ročno orodje.....	40
5.2	Razlaganje in deponiranje konstrukcije na lokaciji postavitve	40
5.3	Postopek montaže.....	40
5.3.1	Pozicioniranje jeklene šotorske konstrukcije na lokaciji	41
5.3.2	Sidranje temeljnih plošč	41
5.3.2.1	Sidranje temeljni plošč v beton	42
5.3.2.2	Sidranje temeljni plošč v asfalt ali pesek	44

5.3.3	Sestavljanje nosilnih lokov, nameščanje vzdolžnih povezav – distančnikov in nameščanje križnih povezav - zavetrovanj	45
5.3.4	Dvigovanje nosilne konstrukcije	46
5.3.5	Montaža preostalega dela konstrukcije	47
5.3.6	Zategovanje križnih povezav	48
5.3.7	Kontrola spojev	48
5.3.8	Dvigovanje in razvijanje membrane po konstrukciji	49
5.3.9	Pritrjevanje in napenjanje membrane na konstrukciji	51
5.3.10	Zaključevanje objekta	52
6	Zaključek	53
VIRI	54

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava med sidranjem s kemičnimi in mehanskimi sidri [17].....	42
Preglednica 2: Postopek sidranja s kemičnimi in mehanskimi sidri [18].....	43

KAZALO SLIK

Slika 1: Skladiščni objekt za les dimenzij 40x96m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).....	3
Slika 2: Servisni obrat za stroje (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).....	3
Slika 3: Teniška dvorana 38x51m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).....	4
Slika 4: Letalski hangar 45x50m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).....	4
Slika 5: Kompostarna 53x81m in 2x25x50m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).....	4
Slika 6: Avtomobilski nadstreški (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).....	5
Slika 7: Hlev za vzrejo goveda 24x50m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).....	5
Slika 8: Vrtni center 48x40m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).....	5
Slika 9: Prekritje betonarne in zalogovnikov agregata (vir: lasten vir).....	6
Slika 10: a) Polno-stenski nosilci, b) palični nosilci (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.)....	6
Slika 11: Prerez enokapnice za pokritje nakladalnega platoja dimenzij 20x110m (vir: lasten vir).....	7
Slika 12: Zaključena enokapnica dimenzij 20x110m (vir: lasten vir).....	7
Slika 13: Prerez dvokapne konstrukcije z ravno strešino dimenzij 20x30m (vir: lasten vir)....	8
Slika 14: Zaključena dvokapnica dimenzij 20x30m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.)..	8
Slika 15: Prerez dvokapne konstrukcije s segmentno strešino dimenzij 40x63m (vir: lasten vir).....	9
Slika 16: Zaključen objekt s segmentno obliko strehe dimenzij 40x63m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).....	9
Slika 17: Prerez dvokapne konstrukcije z ločno strešino dimenzij 48x40m (vir: lasten vir)....	10
Slika 18: Zaključen objekt z obliko ločne strešine dimenzij 48x40m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).....	10
Slika 19: Temeljna plošča šotora in simulacija sider v podlagi (vir: lasten vir).....	12
Slika 20: Notranjost skladiščnega objekta prekrita z enojno membrano (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).....	13
Slika 21: Notranjost teniške dvorane z dodatno notranjo membrano (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).....	14
Slika 22: Tračna žaga z vodnim hlajenjem (vir: lasten vir).....	17
Slika 23: CNC plazemski razrez pločevine (vir: lasten vir).....	18

Slika 24: Peskanje podlage pred barvanjem z abrazivnimi sredstvi [6].	20
Slika 25: Izvrtine na ceveh zaradi postopka vročega pocinkanja (vir: lasten vir).	22
Slika 26: Potapljanje jeklenega elementa v raztopino cinka [10].	23
Slika 27: Šablona za izdelavo serije enakih kosov (vir: lasten vir).	24
Slika 28: Točkovno povarjen zvarjenec iz šablone (vir: lasten vir).	25
Slika 29: Zvarjen del nosilca in spojna pločevina z označeno pozicijo (vir: lasten vir).	25
Slika 30: Elementi pripravljeni za transport v pocinkovalnico (vir: lasten vir).	26
Slika 31: Pocinkani elementi pripravljeni za transport na gradbišče (vir: lasten vir).	26
Slika 32: Shema sestave membrane, ki je prevlečena z vinili [11].	28
Slika 33: CNC rezalni stroj za krojenje membrane [12].	29
Slika 34: a) Barvna kombinacija po želji investitorja, b) RAL karta proizvajalca membran (vir: lasten vir).	31
Slika 35: Varjenje membrane večjih dimenzij na tleh delavnice. Varjenje z vročim zrakom (vir: lasten vir).	31
Slika 36: Samohodni aparat za varjenje z vročim zrakom (vir: lasten vir).	32
Slika 37: Ročni varilni aparat in valjček (vir: lasten vir).	33
Slika 38: a) Stacionarni HF aparat za varjenje membrane, b) Premični HF aparat za varjenje membrane [13].	34
Slika 39: Pripravljena membrana šotora večjih dimenzij za transport na gradbišče (vir: lasten vir).	35
Slika 40: a) Navaden čelni viličar, b) Teleskopski viličar (vir: lasten vir).	37
Slika 41: Navadna škarjatska dvizna ploščad (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).	38
Slika 42: Teleskopska dvizna ploščad (vir: lasten vir).	38
Slika 43: Karakteristike avtodvigala Liebherr LTM 1100-4.1 z nosilnostjo 100 ton [16].	39
Slika 44: a) Dostava materiala na gradbišče, b) deponija materiala na gradbišču (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).	40
Slika 45: Pozicioniranje nosilnih elementov in temeljev (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).	41
Slika 46: a) Vrtanje ustrezne izvrtine v beton, b) čiščenje izvrtine, c) polnjenje izvrtine s sidrno maso, d) vstavev navojne palice v luknjo z maso (vir: lasten vir).	44
Slika 47: Vrtanje lukenj skozi asfalt (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).	45

Slika 49: a) Zabijanje žeblicev z mini bagerjem, b) zabijanje žeblicev z električnim kladivom (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).	45
Slika 49: a) Sestavljena konstrukcija na tleh, b) nosilna konstrukcija povezana z vzdolžnimi povezavami (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).	46
Slika 50: a, b, c) Sistem dviganja konstrukcije, d) steber v temeljni plošči, e) postavljena konstrukcija (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).	47
Slika 51: a) Standardni napenjalci križnih povezav, b) zategovanje križnih povezav (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).	48
Slika 52: Moment ključ [19]	49
Slika 53: a) Raztegovanje membranske kritina na tleh, b) pripravljena membrana za dviganje na konstrukcijo (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).	49
Slika 54: a) Dviganje membrane na konstrukcijo, b) raztegovanje membrane po konstrukciji (vir: lasten vir).	50
Slika 55: a) Ročno vlečno dvigalo, b) škripec (vir: lasten vir).	50
Slika 56: a) Napenjanje ponjave z navojnimi palicami, b) napenjanje ponjave s perforiranim trakom (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).	51
Slika 57: Pritrjena in pravilno napeta membranska kritina na jekleni konstrukciji (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).	52

KAZALO ENAČB

Enačba 1: Izračun izvlečne sile enega sidrnega klina.	12
--	----

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Zgodovina šotorskih konstrukcij sega že stoletja nazaj. Šotori so bili tedaj namenjeni predvsem zaščititi človeka in živali pred zunanjimi vplivi. Človek si je s pomočjo raznih podpornih drogov in platna zagotovil začasno streho nad glavo. Za material so uporabljali les, veje, živalske kože,...

Z razvojem industrializacije in hitro rastjo podjetij so se pojavile potrebe po pokritih skladiščnih prostorih. Na trgu je možno dobiti številne različne objekte, ki lahko služijo kot skladišča, delavnice, športne dvorane, hangarji za letala in podobno. S tem namenom je tudi ponudba tovrstnih objektov vse večja. Bistvene prednosti šotorskih objektov v primerjavi s klasično grajenimi objekti je ugodna cena in hitra dobava. Nekatere objekte je možno dobiti že v nekaj dneh od samega naročila. Zato je za investitorje s hudo časovno stisko jeklena šotorska konstrukcija še kako zanimiva.

V segmentu šotorskih objektov lahko zasledimo vsaj tri različne tipe nosilne konstrukcije. Kot najbolj pogosto uporabljen material se uporablja jeklo ali aluminij, bistveno manj pa les. Za prekritje se uporablja membrana, to je poliestrska tkanina, ki je prevlečena z vinilom. Jeklene konstrukcije nam omogočajo bistveno večje razpone objektov v primerjavi z aluminijem ali lesom. S pomočjo paličnih nosilcev lahko z relativno nizko lastno težo dosegamo zelo velike razpone konstrukcij, kar zelo poenostavi pripravo podlage za sidranje in temeljenje.

Zakon o graditvi objektov (ZGO) tovrstne objekte uvršča pod gradbene objekte. Po 6. členu uredbe o razvrščanju objektov glede na zahtevnost spadajo takšni objekti v skupino enostavnih objektov. Enostaven objekt je konstrukcijsko nezahteven objekt, ki ne potrebuje posebnega statičnega in gradbenotehničnega preverjanja. Objekt ni namenjen prebivanju in ni objekt z vplivi na okolje.

V diplomski nalogi bomo podrobneje opisali pregled tipov jeklenih šotorskih konstrukcij, izdelavo nosilne konstrukcije, izdelavo prekritja – membrane in montažo celotnega objekta.

2 PREGLED JEKLENIH ŠOTORSKIH KONSTRUKCIJ

2.1 Uvod

Na trgu je možno zaslediti kar nekaj ponudnikov jeklenih šotorskih konstrukcij. V Sloveniji in Evropi se med večje proizvajalce takšnega tipa objektov uvršča podjetje Konstrukcije Schwarzmann d.o.o. iz Polhovega Gradca pri Ljubljani. Podjetje zagotavlja kompletno podporo kupcu oziroma investitorju od začetka pa vse do konca gradnje objekta, saj ima svojo ekipo strokovnjakov, ki skrbijo za nemoten potek projektov.

Večina jeklenih konstrukcij prekritih z membranami je izdelana iz jekla kakovosti S235 (skladno s standardom EN 10025), saj je v tej kvaliteti največja izbira različnih profilov, ki so sestavni deli objekta. Pri manjših razponih se za izdelavo nosilne konstrukcije uporabljajo vroče valjani I profili, pri večjih razponih pa se v večini primerov uporabljajo palični nosilci, saj se s tem zmanjša lastna teža konstrukcije. Vsi spoji konstrukcije so vijačne izvedbe, kar omogoča hitro montažo, kvalitetno izvedbo in lažjo manipulacijo. Veliko detajlov je zasnovanih tipsko, je pa vsak projekt v specifičen in so potrebne modifikacije, ter razvijanje novih detajlov.

Jeklene šotorske konstrukcije se lahko uporabljajo za različne namene. Najbolj razširjena je uporaba v industriji in sicer za skladiščenje surovin kakor tudi končnih izdelkov. Objekti se uporabljajo še za proizvodne obrate, športne dvorane, letalske hangarje, deponije, kompostarne, avtomobilske nadstrešnice, hleve in še za mnoge druge namene.

Tovrstni objekti imajo kar nekaj bistvenih prednosti v primerjavi z zidanimi objekti. Podlaga, na katero se lahko postavljajo take konstrukcije so lahko betonske plošče ali temelji, asfaltni platoji, ter dobro utrjena peščena nasutja. Dobavni rok šotorske konstrukcije je relativno kratek, saj je lahko pripravljen za uporabo že nekje v nekaj tednih od naročila. Montažni objekt omogoča tudi kasnejšo demontažo in prestavitev na novo lokacijo. To velikokrat pride še kako prav, ko se podjetje preseli na novo lokacijo in ima v kratkem času pripravljene prostore za nadaljevanje svojega dela. Še ena zelo pomembna prednost takšnih objektov je zagotovo cena. Cena šotorskih konstrukcij je v primerjavi z ostalimi objekti relativno nizka in se začne že nekje pri 50€/m². Cena objekta se spreminja glede na dimenzije. Z dolžino objekta cena na kvadratni meter pada, z večanjem razpona pa se le ta viša. Viša se tudi z višino stebra in večanjem zunanjih obremenitev na konstrukcijo.

Ena izmed pomembnih delov jeklenih šotorskih konstrukcij je zagotovo tudi membrana. Svetle membrane zagotavljajo v objektu ogromno naravne svetlobe, saj je prepustnost zelo dobra, kar pomeni, da se v dnevnem času skoraj ne potrebuje razsvetljave. Pri masivnih objektih svetloba ne pride v objekt, v kolikor niso vgrajena okna ali strešne kupole.

Pri gradnji takšnega objekta ima investitor na voljo kar nekaj različnih možnosti dodatne opreme. V objekte je možno vgraditi avtomatska dvižna vrata, prezračevanje, ogrevanje, razsvetljavo, požarno zaščito,... Tako tovrstna gradnja po kriteriju kvalitete in varnosti ne zaostaja za klasično grajenimi objekti.

2.2 Namembnost jeklenih šotorskih konstrukcij

Jeklene šotorske konstrukcije se uporabljajo za številne različne namene. Zagotovo najbolj pogosto se uporabljajo za skladiščenje materiala. Možnosti uporabe takšnih objektov so številne, zato je v vse več novogradnjah uporabljena jeklena šotorska konstrukcija.

Nekaj najbolj pogostih namenov uporabe šotorskih konstrukcij prikazujemo na slikah 1 do 9:

- Skladiščenje surovin za nadaljnjo predelavo, gotovih izdelkov, lesa (Slika 1),...



Slika 1: Skladiščni objekt za les dimenzij 40x96m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

- Proizvodni obrati in servisne delavnice (Slika 2).



Slika 2: Servisni obrat za stroje (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

- Športne dvorane (Slika 3).



Slika 3: Teniška dvorana 38x51m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

- Letalski hangarji (Slika 4).



Slika 4: Letalski hangar 45x50m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

- Deponije in kompostarne (Slika 5).



Slika 5: Kompostarna 53x81m in 2x25x50m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

- Avtomobilske nadstrešnice (Slika 6).



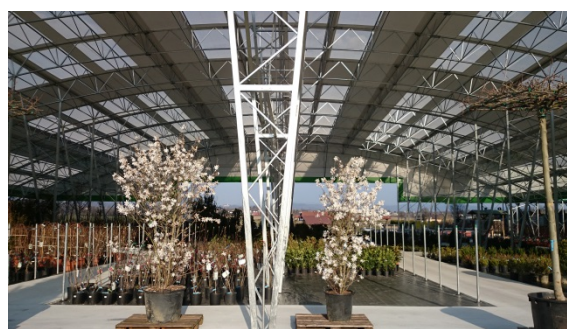
Slika 6: Avtomobilski nadstreški (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

- Hlevi (Slika 7).



Slika 7: Hlev za vzrejo goveda 24x50m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

- Vrtni centri (Slika 8).



Slika 8: Vrtni center 48x40m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

- Betonarne (Slika 9).



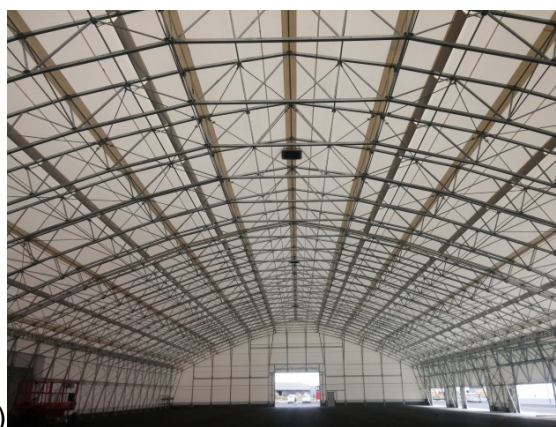
Slika 9: Prekritje betonarne in zalogovnikov agregata (vir: lasten vir).

2.3 Tipi jeklenih šotorskih konstrukcij

Večina proizvajalcev šotorskih jeklenih konstrukcij uporablja za izdelavo nosilnih elementov polno-stenske profile (IPE, HEA) (Slika 10a) ali palične nosilce (Slika 10b), ki so sestavljeni iz kvadratnih, pravokotnih ali okroglih cevi. Pri večjih razponih konstrukcij uporaba polno-stenskih profilov ni smiselna, saj je lastna teža nosilcev prevelika in se s tem posledično stroški izdelave povečajo. S palično konstrukcijo dosežemo večjo nosilnost z manjšo lastno težo. Se pa pri paličju zmanjša volumen objekta, oziroma konstrukcija sega bistveno več v prostor, kot je to pri polno-stenskih profilih. V določenih primerih se uporablja tudi kombinacija in sicer stebri iz polno-stenskih nosilcev, strešni nosilci pa iz paličja.



a)



b)

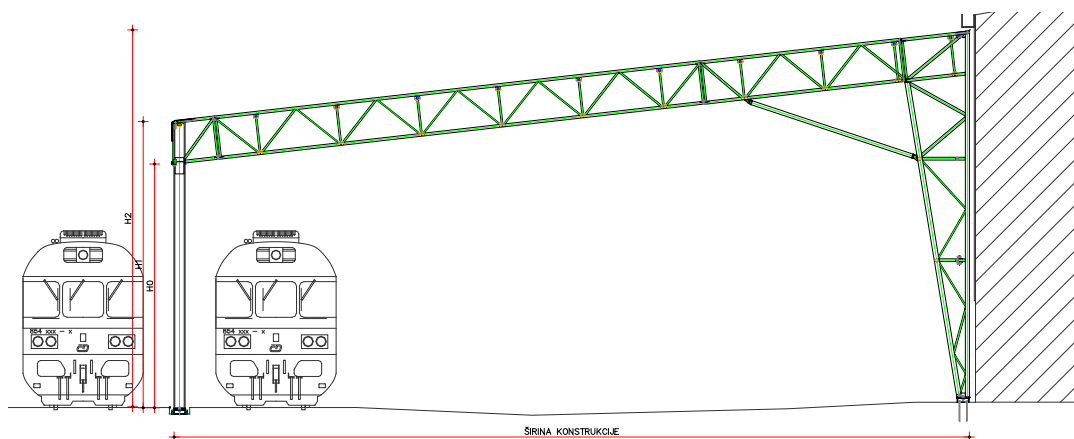
Slika 10: a) Polno-stenski nosilci, b) palični nosilci (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

2.4 Geometrijska zasnova nosilnih okvirjev

Zasnova oblike konstrukcij je odvisna od več dejavnikov. Največkrat na to vplivajo želje investitorja, ki ima različne potrebe po obliki in dimenzijah objekta. Vpliv na to imajo tudi zunanji vplivi na samo konstrukcijo, kot je snežna obremenitev in obremenitev z vetrom. Prav tako pa je pri takšnih konstrukcijah potrebno biti pazljiv na obliko zaradi specifičnega prekritja, to je membrana.

2.4.1 Enokapnica

Enokapnice se največkrat pojavijo pri raznih prizidkih k obstoječim objektom (Slika 11). V takšnih primerih je rešitev enokapnice (Slika 12) najboljša, saj se s tem izognemo problematičnemu spoju novega in starega objekta, kjer bi pri dvokapni konstrukciji morali izvesti izolirano in ogrevano žloto. Tudi sam izkoristek pokritega prostora v takšnih primerih je s tako obliko konstrukcije najoptimalnejši. V večini primerov se enokapne konstrukcije izdelajo z ravno strešino, so pa tudi primeri z ločno ali segmentno obliko strehe. Vse to je odvisno od velikosti, dimenzijskih omejitev, želja investitorja in zunanjih vplivov, ki delujejo na konstrukcijo.



Slika 11: Prerez enokapnice za pokritje nakladalnega platoja dimenzij 20x110m (vir: lasten vir).

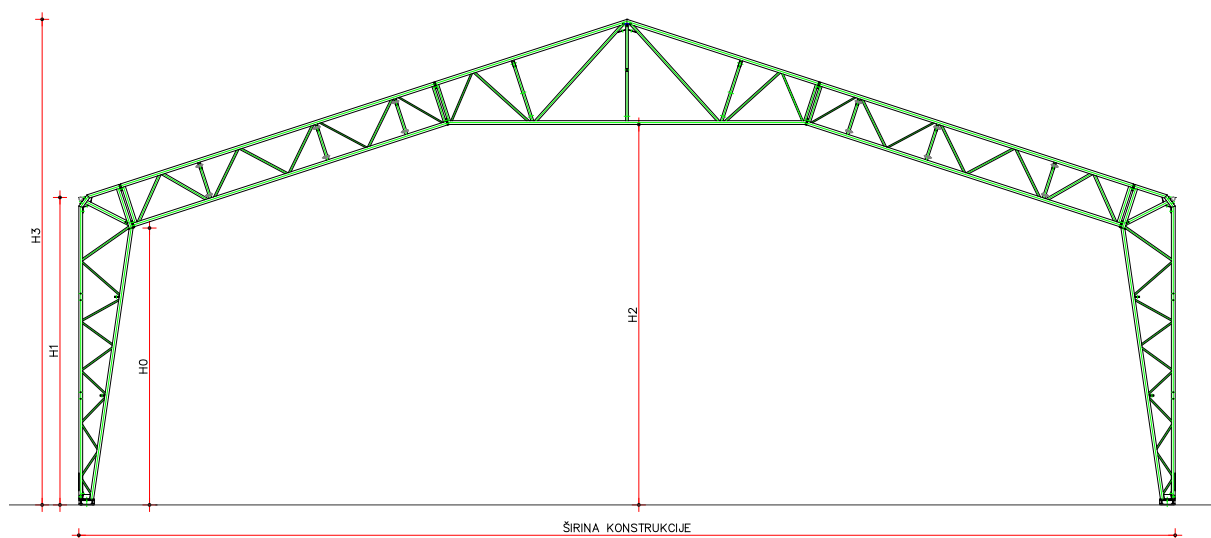


Slika 12: Zaključena enokapnica dimenzij 20x110m (vir: lasten vir).

2.4.2 Dvokapnica

2.4.2.1 Ravna strešina

Šotorske konstrukcije do razpona 20 m se največkrat izdelajo v dvokapni obliki z ravno strešino (Slika 13). Takšna oblika daje vtis klasične oblike objekta (Slika 14). Naklon strehe se giblje med 15° in 20°. Pri večjih razponih in dolžinah strehe se pojavi težava napenjanja ponjave zaradi prevelike ravne ploskve, zato se takrat izbere segmentna oblika.



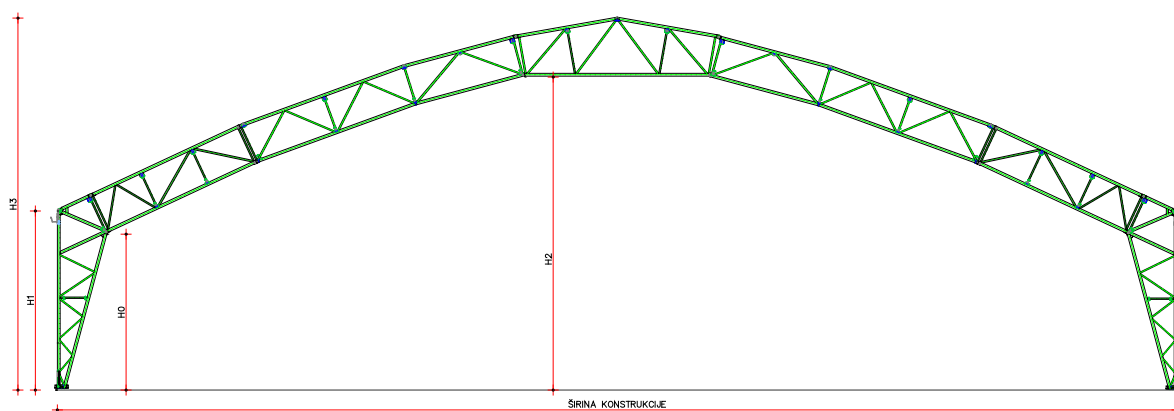
Slika 13: Prerez dvokapne konstrukcije z ravno strešino dimenzij 20x30m (vir: lasten vir).



Slika 14: Zaključena dvokapnica dimenzij 20x30m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

2.4.2.2 Segmentna strešina

Segmentna oblika strehe (Slika 15) se največkrat uporablja pri objektih, ki so širši od 20m. Zaradi velikih razponov objektov in dolgih strešnih ploskev je ponjava izpostavljena velikim zunanjim vplivom, zato je pritrdjevanje in napenjanje še toliko bolj pomembno. Pri širokih konstrukcijah, kjer oblika strehe ni segmentna, se lahko pojavijo težave s prekritjem predvsem zaradi vetra. Z izbiro segmentne oblike se zmanjša nepotreben volumen objekta in zniža maksimalna višina (Slika 16). Pri velikih razponih je segmentna oblika statično bolj ugodna od ravne strehe, saj se na s takšno obliko približamo napeti ločni zasnovi.



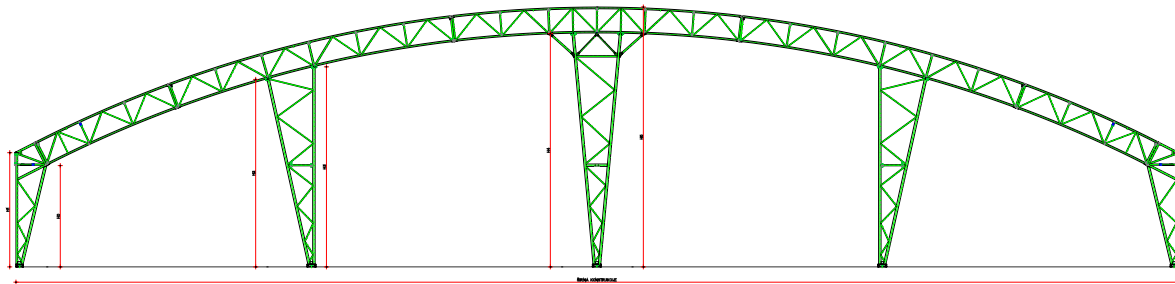
Slika 15: Prerez dvokapne konstrukcije s segmentno strešino dimenzij 40x63m (vir: lasten vir).



Slika 16: Zaključen objekt s segmentno obliko strehe dimenzij 40x63m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

2.4.2.3 Ločna strešina

Možne so tudi izvedbe z ločno obliko strehe, katera da objektu poseben vizualni izgled (Slika 17, Slika 18). Za samo prekritje je takšna oblika konstrukcije zelo ustrezna, saj se po celotnem obsegu ponjava lepo nalega na okvir in se s tem izognemo prevelikim lokalnimi obremenitvam. Ločna oblika strehe je za izdelavo precej bolj zahtevna od ostalih tipov, saj je potrebno nosilne cevi zakriviti v ustrezni krivulji.



Slika 17: Prerez dvokapne konstrukcije z ločno strešino dimenzij 48x40m (vir: lasten vir).



Slika 18: Zaključen objekt z obliko ločne strešine dimenzij 48x40m (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

2.5 Glavni sestavni deli jeklene šotorske konstrukcije

Šotorska konstrukcija je sestavljena iz velikega števila sestavnih delov, ki na koncu tvorijo objekt kot celoto. Med glavne sestavne dele spadajo:

- Temeljne plošče z ustreznimi sidri.
- Stebri.
- Strešni nosilci.
- Vzдолžne povezave – distančniki.
- Križne povezave.

- Stebri končnih sten.
- Distančniki končnih sten.
- Cevi za napenjanje membrane.
- Membrana – prekritje.
- Vijačni in sidrni material.
- Dodatna oprema – vrata, okna, prezračevanje,....
- ALU profili za zaključevanje detajlov.

2.6 Temeljenje jeklenih šotorskih konstrukcij

Velika prednost takšnih objektov je zagotovo enostavno temeljenje. To je velik plus tudi za investitorja, saj ima bistveno manj stroškov s pripravo terena in podlago, kot v primerjavi z zidanimi objekti. Konstrukcije se največkrat postavljajo na asfaltno podlago, ki ima dovolj veliko nosilnost. Montaža se lahko brez večjih težav izvaja tudi na peščenih tamponih in AB točkovnih temeljih, linijskih temeljih ali ploščah. V statičnem modelu šotorskih konstrukcij se temeljenje oziroma sidranje objekta v podlago upošteva kot členek, zato se da s takšno vrsto podlage brez večjih težav zagotoviti ustrezne sidrne pogoje.

2.6.1 Asfaltna in peščena podlaga

Že pred začetkom izdelave projektne dokumentacije je potrebno pridobiti geološko-geomehansko poročilo podlage, da se lahko določijo točni parametri, ki so potrebni za izračun ustreznega podložnega materiala, ki bo prenašal predvidene obremenitve konstrukcije.

Največkrat je ob normalnih vplivih konstrukcije in ob normalni podlagi sestava tal sledeča:

- | | |
|---------------------------|------|
| • Asfaltbeton | 4cm |
| • Bitudrobir | 8cm |
| • Tampon granulacije 0-60 | 44cm |

Nosilnost planuma podlage oziroma nasipa mora zadostovati 40 MPa, nosilnost planuma tampona pa 80 MPa. Oba morata biti pripravljena v skladu z zahtevami TSC 06.100 : 2003. Na površini je potrebno zagotoviti nosilnost SLW 60. Vsi vgrajeni materiali morajo po TSC 06.512 : 2003 ustrezati odpornosti proti zmrzovanju in spadati v klasifikacijski razred F1.

Zemeljsko sidro je dimenzionirano skladno s standardom EN 13782:2005 za naprave in konstrukcije za začasne objekte, ter skladno s poročilom, ki ga je za potrebe podjetja Konstrukcije Schwarzmanna d.o.o. izdelal Zavod za gradbeništvo Slovenije. Merodajen rezultat izvleka je tisti, pri katerem se lezenje ne ustavi več. Pri določitvi projektne obtežbe, ki jo bodo prenašale temeljne plošče jeklene konstrukcije je potrebno upoštevati še ustrezen varnostni faktor. Po standardu EN 13782:2005 se pri določanju nosilnosti na izvlek pod koti

med 0° in 45° glede na navpičnico, za posamezna sidra upošteva varnostni faktor 1,6. Tako je izvlačna sila določena z izrazom spodaj (Enačba 1):

$$Z_d = \frac{17 \times d \times l}{1,6}$$

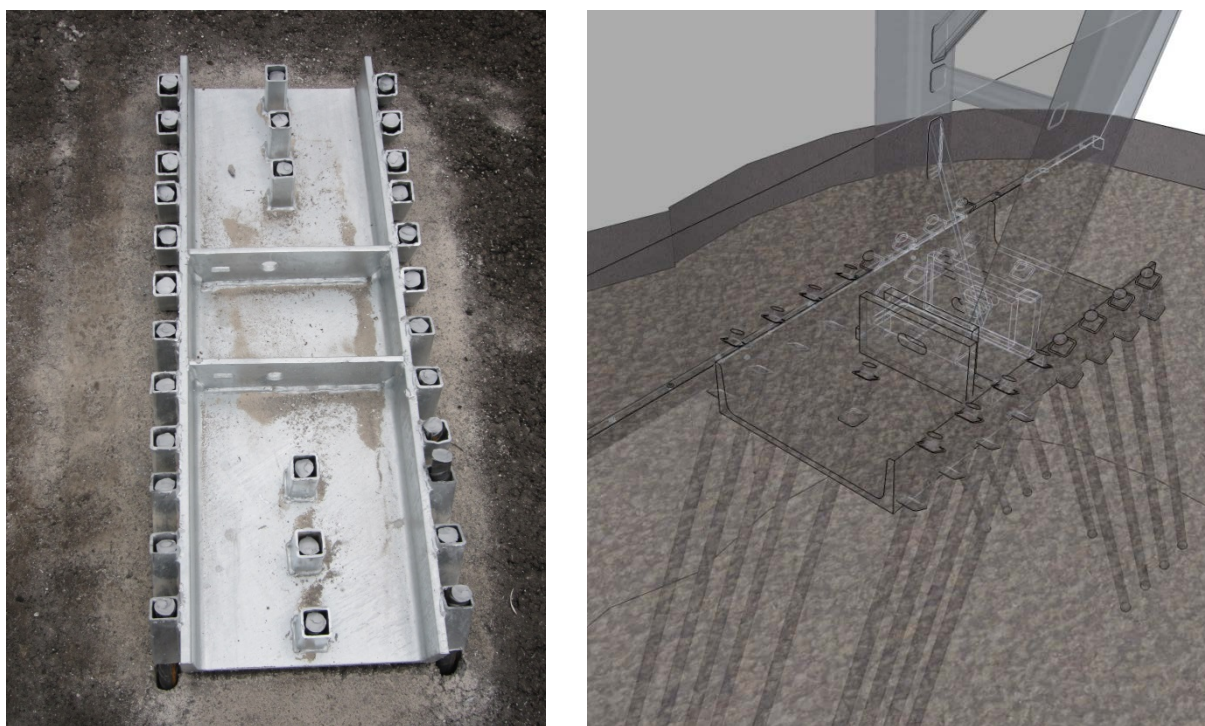
Enačba 1: Izračun izvlačne sile enega sidrnega klina.

Kjer je:

- Z_d – nosilna zmogljivost sidra (N).
- D – premer sidra (cm).
- L – dolžina sidra (cm).

Parameter »d« predstavlja premer sidra, parameter »l« je dolžina sidra.

Sidranje se izvaja z rebrasto armaturo različnih premerov in različnih dolžin (Slika 19). Premer žebeljev je največkrat v razponu od 16 mm do 32 mm, dolžina od 500 mm do 1500 mm.



Slika 19: Temeljna plošča šotora in simulacija sider v podlagi (vir: lasten vir).

2.6.2 AB podlaga

Sidranje v betonsko podlago je za konstrukcijo bolj ugodno, saj je lahko na ta račun manjša temeljna plošča in manjše število sider, ker se lažje dosežejo potrebne reakcije, ki so potrebne za stabilnost konstrukcije. Konstrukcija se lahko postavlja na že prej pripravljene sidrne vijake, ki se vstavijo v armaturni koš pred betoniranjem temeljev, lahko pa se

konstrukcija sidra ob sami montaži s pomočjo navojnih palic, ki se v beton pritrdijo s kemično sidrno maso.

2.7 Možnosti prekritja

Jeklena konstrukcija šotora je največkrat prekrita z membrano zgolj po zunanji strani. Tako zagotovimo zaščito konstrukcije in pokritega prostora pred atmosferskimi vplivi. V kolikor se pojavi zahteva po večji izolativnosti objekta oziroma zaščiti notranjosti pred nevarnostjo kondenziranja se membrana namesti še po notranjem obodu konstrukcije. S tem se ustvari plast zraka, ki deluje kot izolator.

2.7.1 Enojna membrana – po zunanjem obodu konstrukcije

Najenostavnejša in cenovno najugodnejša je izvedba enojne membrane, ki je nameščena na zunanji strani nosilne konstrukcije (Slika 20). V tem primeru ostane v notranjosti objekta vidna konstrukcija, volumen objekta je večji, izolativnost slabša in možnost kondenzacije relativno visoka. Prav tako je slaba zvočna izolativnost, dober pa je prehod svetlobe skozi membrano. Najbolj ugodna membrana za dober prehod svetlobe je membrana bele barve.

Objekti z enojno membrano se največkrat uporabljajo za razna skladišča, nadstreške, hleve in podobno.



Slika 20: Notranjost skladiščnega objekta prekrita z enojno membrano (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

2.7.2 Dvojna membrana – po zunanjem in notranjem obodu konstrukcije

Dve plasti membrane, ki obdajata jekleno konstrukcijo zagotavljata nekoliko boljšo zvočno in toplotno izolacijo objekta (Slika 21). Vmesni prostor, kjer zrak bolj ali manj miruje, deluje kot

izolator in omogoča prihranek energije za ogrevanje oziroma hlajenje prostora. Z notranjo ponjavo se zmanjša notranji volumen zraka, ki ga je potrebno ogrevati ali hladiti. Takšni objekti so primerni za postavitev tam, kjer so strožje zahteve glede skladiščenja materiala oziroma za zahtevnejše klimatske in estetske pogoje v prostoru. Notranja membrana se največkrat pojavlja v beli barvi, včasih v kakšnih kombinacijah z bolj umirjenimi barvnimi odtenki. Običajno je material notranje membrane tanjši in lažji od materiala, ki je nameščen na zunanji strani konstrukcije, saj je bistveno manj obremenjen in izpostavljen, kot zunanja membrana.



Slika 21: Notranjost teniške dvorane z dodatno notranjo membrano (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

3 Izdelava nosilne jeklene konstrukcije

Proces izdelave jeklene konstrukcije je različen glede na zmožnosti in opremo, ki jo ima proizvajalec na razpolago. Pri izdelavi konstrukcij je potrebno biti pozoren na veliko stvari, ki so vezane na dimenzije elementov, njihove teže, vrsto površinske zaščite in še mnogo drugega. Natančna in kakovostna izdelava v proizvodnji je zelo pomembna za montažo takšne konstrukcije, saj v primeru, da ni napak, sama montaža poteka hitro in brez zapletov.

3.1 Izdelava PZI dokumentacije

Po pravilniku o projektni dokumentaciji se projektna dokumentacija za izdelavo jeklene konstrukcije uvršča v projekt za izvedbo – PZI. Vsebina mape, ki sestavlja načrt gradbenih konstrukcij vsebuje delavniške risbe, montažne risbe, kosovnice in vse ostale priloge.

Projekt za izvedbo jeklene konstrukcije vsebuje:

- Vodilna mapa
- Načrti
 - Statični izračun.
 - Risbe celotne konstrukcije.
 - Delavniške risbe posameznih elementov.
 - Montažne risbe.
 - Kosovnice in razni popisi količin.
 - Tehnično poročilo.

Za hiter in tekoč potek v proizvodnji je zelo pomembna dobro pripravljena projektna dokumentacija. Le-ta omogoča, da je potek izdelave hitrejši, manj je možnosti za napake, hkrati pa to pomeni prihranek stroškov in povečanje kapacitete proizvodnje.

Da lahko projektant oziroma konstrukter izdela kvalitetne načrte za izdelavo jeklene konstrukcije, mora imeti precej več znanja, kot samo znanje risanja in modeliranja. Upoštevati mora želje in potrebe investitorja, omejitve glede zmožnosti izdelave konstrukcije in transporta, način montaže, poznati mora veliko detajlov zaradi membrane, ki je dokaj specifičen material,...

Danes se za konstruiranje jeklenih konstrukcij uporablja računalniško orodje CAD (angl. Computer Aided Design), s pomočjo katerih nastajajo risbe konstrukcije v 2D ali 3D okolju. V takšni obliki dobimo z izrisom konstrukcije le njene geometrijske lastnosti, ni pa nobenih podatkov o količinah, težah, materialih,... [1].

V želji in potrebi po čim boljših računalniških programih se je tehnologija na tem področju v zadnjih letih precej razvila. V uporabi se pojavljajo programi, ki omogočajo izdelavo 3D modelov, ki imajo v ozadju veliko bazo podatkov o celotni konstrukciji. Takšna programska oprema omogoča izdelavo objekta v intenzivnem 3D okolju. Zaradi nastajanja modela v 3D

okolju nam to omogoča natančno izdelavo dokumentacije, vizualno kontrolo morebitne napake, prekrivanja, težav pri montaži in še mnogo ostalih koristnih informacij. Ob dokončanju projektiranja dobimo z le nekaj kliki ogromno podatkov, načrtov, kosovnic, specifikacij in ostalih informacij, ki jih programsko okolje procesira v ozadju skozi načrtovanje objekta. Tak računalniški program, ki omogoča izdelavo 3D modela, je hkrati tudi informacijski BIM model (angl. Building Information Model – BIM) [1].

Na trgu je možno zaslediti precej ponudnikov programske opreme, ki so primerne za projektiranje jeklenih konstrukcij. Vsak posameznik mora oceniti, katero programsko okolje mu najbolj ustreza in je za njegove potrebe najbolj primerno.

V prilogi navajamo dva primera delavniške risbe, narejene z različnima računalniškima programoma. V Prilogi A je načrt narejen s programsko opremo AutoCAD podjetja Autodesk v 2D okolju, v Prilogi B pa s programsko opremo HiCAD podjetja ISD Group v 3D okolju z BIM podporo.

3.2 Razrez profilov in pločevine

Na podlagi pripravljene projektne dokumentacije za izvedbo se lahko prične z izdelavo segmentov določenega projekta konstrukcije. Razrez profilov in nekaterih pločevin se izvaja na podlagi načrta razrezne liste posameznih sklopov. Tako ima delavec specifikacijo različnih materialov z vsemi dimenzijskimi podatki, katere potrebuje za razrez elementov. Vse razrezane kose ustrezno označi, da se pri fazi varjenja lažje najdejo.

3.2.1 Razrez profilov s tračno žago za kovino

Med profile spadajo pohištvene cevi različnih dimenzij in oblik, polno-stenski IPE, HEA profili, UPN profili, gladke in rebraste armaturne palice, ploščato železo in podobno. Vsi navedeni elementi se dobavljajo v dolžini 6 ali 12m.

Rezanje se izvaja s tračnimi (Slika 22) ali krožnimi žagami različnih velikosti. Glede na velikost profila, ki se ga reže se operacija izvaja na ustrezni velikosti stroja. Oprema in listi žag so prilagojeni rezanju jeklenih profilov.

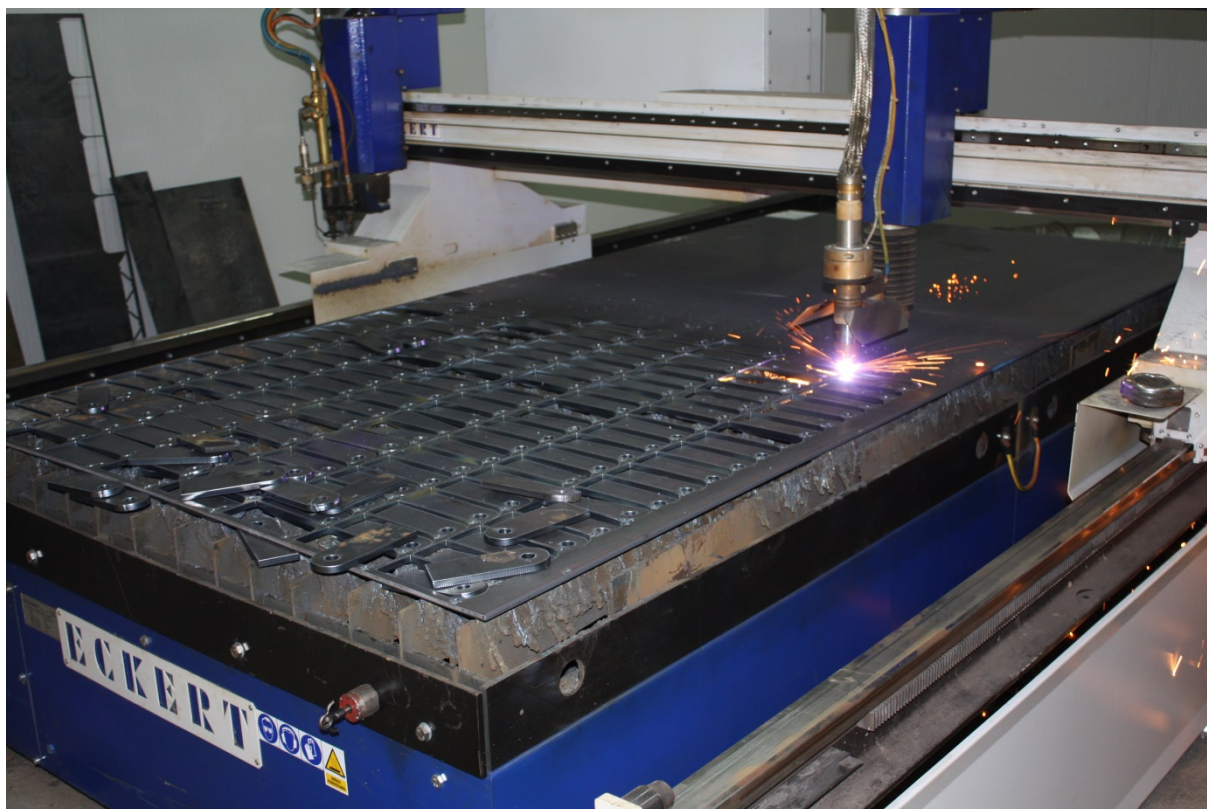


Slika 22: Tračna žaga z vodnim hlajenjem (vir: lasten vir).

3.2.2 Razrez pločevine s CNC plazemskim razrezom

Plazemsko rezanje jekla je učinkovito tako pri tankih kot debelih materialih. Takšno rezanje se je razvilo iz plazemskega varjenja v 1960-ih letih. Za rezanje se uporablja curek inertnega plina. Med pištolo in površino materiala, ki se ga reže, se pojavi električni oblok. Aparat proizvede dovolj visoko temperaturo, da stali material, ki ga reže in dovolj visoko hitrost, da odstrani tekoči material reza. Prednost plazemskega razreza je ta, da lahko režemo vse materiale, ki prevajajo električni tokom, s krmiljenjem CNC pa si lahko privoščimo rezanje praktično poljubnih oblik. Slabost takšnega rezanja je poševnost reza, ki je odvisen od debeline pločevine, hitrosti rezanja, vrste plinov in vrste šobe. S pravilno izbiro plinov, parametrov, šob in odmika izvora od pločevine lahko te napake minimaliziramo [2].

Konstrukter po končanem projektiranju konstrukcije pripravi vse pločevine, ki so potrebne za izdelavo projekta in jih zvrsti po debelinah. Za izdelavo kosov se s pomočjo programske opreme izdelava .ncp koda, ki krmili CNC plazmo (Slika 23). Ncp datoteka je krmilna datoteka za različne naprave, ki je ustvarjena s strani uporabnika. Ustvarjena je s pomočjo post-procesorja v določenih programskih okoljih [3]. Operater plazme ima nalogo, da na rezalno mizo namesti ploščo pravilne debeline, v sistem naloži ustrezno .ncp kodo, pozicionira orientacijske vogale plošče za začetek rezanja in sproži začetek rezanja. Med samim obratovanjem mora spremljati potek rezanja in ob morebitnih težavah zaustaviti proces. Ob rezanju mora imeti operater zaščitene oči z UV protekcijo, ušesa z ustreznimi slušalkami in upoštevati navodila za varno delo s plazmo.



Slika 23: CNC plazemski razrez pločevine (vir: lasten vir).

3.3 Priprava sestavnih elementov za površinsko zaščito

Jeklene nosilne konstrukcije se zaradi daljše življenjske dobe in večje zaščite pred zunanjimi vplivi zaščitijo. Največkrat se za zaščito uporablja barva ali vroče cinkanje. Katera vrsta zaščite se izbere, je odvisno od želja investitorja in od namembnosti, ter izpostavljenosti konstrukcije. Vsak tip zaščite zahteva svoj način in postopek priprave obdelovancev, zato je že v fazi projektiranja pomembno, da se onemogoči koroziji njeno širjenje. Pomembno je, da so elementi zasnovani tako, da se preprečijo vdolbine in mrtvi koti, v katerih bi se lahko zadrževala vode ter nesnaga [5].

3.3.1 Zaščita konstrukcije z barvanjem

Večina konstrukcij je v naravi izpostavljena vlagi, nihanju temperature, agresivnim snovem in še drugim ostalim dejavnikom, ki vplivajo na obstoj materiala. Zaradi vpliva negativnih dejavnikov na nezaščiteni konstrukciji bi se dokaj hitro na njeni površini začeli pojavljati razni korozijski znaki, ki bi s časom poslabševali varnost [4].

Pri nanosu premaza so zelo pomembni pogoje okolice, na katere moramo biti pozorni. Temperatura okolice, v kateri se izvaja barvanje mora biti vsaj 5°C, relativna vlažnost do 80%, površina pa mora biti ustrezno pripravljena in popolnoma suha.

Sestava premazov [5]:

- Vezivo – olje ali smola, ki polimerizira v trdno telo.
- Inhibitorji – preprečujejo korozivnost in zmanjšujejo učinke katalizatorjev.
- Barvni pigmenti.
- Topilo.

Delitev premazov [5]:

- Osnovni premaz – temeljni premaz.
- Pokrivni premaz – ščiti osnovni premaz pred obrabo, vremenskimi vplivi,...

Pri zaščiti konstrukcij z barvanjem je zelo pomembno zagotoviti ustrezno čistost površine in njeno zadostno stopnjo hrapavosti za lažji oprijem premazov. Največkrat se za čiščenje površin uporablja [5]:

- Kemično čiščenje – rjo odstranimo tako, da elemente potapljamo v različne organske ali anorganske raztopine (žveplova, fosforjeva, klorovodikova).
- Mehansko čiščenje – ročno ali strojno. Ročno čiščenje uporabljamo pri težko dostopnih delih in manjših površinah. Uporabljajo se žične krtače in brusni papir. Pri strojnem čiščenju uporabljamo posebna orodja, kot so rotacijske ščetke, brusilniki in podobno. Paziti moramo, da pri čiščenju ne poškodujemo jeklene površine.
- Peskanje (Slika 24) – površino čistimo s pomočjo abrazivnega sredstva, ki ga pod visokim pritiskom komprimiranega zraka nanašamo na obdelovanec. Peskanje očisti površino, hkrati pa naredi površino dovolj hrapavo. Za abrazivno sredstvo se uporablja zmlet kremenov pesek, jeklena zrna, jekleni sekanci,....



Slika 24: Peskanje podlage pred barvanjem z abrazivnimi sredstvi [6].

Vrste antikorozijskih premazov [5]:

- Epoksi premazi – dvokomponentni premazi odporni na alkohole, maščobo, olja, vodo, raztopine soli in kislin.
- Poliuretanski premazi – dvokomponentni premazi odporni na koncentrirane kisline, topila, UV žarke in koncentrirane luge.
- Klorkavčukovi premazi – premazi izdelani na bazi smole, ki nastane s kloriranjem. Primerna za kvalitetno zaščito industrijskih naprav, bazenov, mostov itd.
- Silikonski premazi – premazi na osnovi silokonske smole. Premazi so odporni na visoko temperaturo (do 400°C). Silikonski premazi so cenovno dražja oblika zaščite.

- Vinilni premazi – izdelani so na osnovi vinilnih kopolimerov, največkrat pa so v mešanici z akrilno smolo. Vinilni premazi so odporni na mineralna olja, vlago, raztopine anorganskih soli, kislin in baz.
Alkidni premazi – sintetična smola, ki je izdelana na osnovi sojinega oziroma lanenega olja. Premazi so hitrosušeci in so primerni tako za industrijsko kot tudi za običajno atmosfersko okolje.

3.3.2 Zaščita konstrukcije z vročim pocinkanjem

Vroče pocinkanje je postopek, ki preprečuje korozijo jekla. V zadnjem času se s tem postopkom zaščiti vedno več jeklenih konstrukcij. Takšna vrsta zaščite je zelo trpežna in kvalitetna. Prednost pocinkane konstrukcije se pokaže že pri montaži, saj je manj občutljiva kot barvana in je po koncu postavitve ni potrebno popravljati. Vroče pocinkane konstrukcije se na terenu ne varijo, saj so segmenti ustrezno projektirani, tako da kasnejši posegi niso potrebni, saj bi s tem poškodovali zaščito.

Začetki vročega pocinkanja segajo že v 16. in 17. stoletje. Leta 1837 je postopek vročega pocinkanja patentiral Sorel, nekaj let kasneje pa so začele v Franciji, Angliji in Nemčiji rasti prve pocinkovalnice [7]. Ena izmed najučinkovitejših, okolju najbolj prijaznih in dolgoročno učinkovitih zaščit je zagotovo cinkanje. Pri cinkanju jekla v vroči talini cinka pride do metalurške vezave cinkana in jekla. Pri tem se ustvari zaščitna oksidna plast [7].

Elementi jeklene konstrukcije so pri postopku vročega pocinkanja izpostavljeni visokim temperaturnim spremembam. Temperatura se spremeni iz sobne temperature vse do 450°C. Standard SISTEN ISO 1461:2009 predpisuje, da ima jeklo debeline 3-6 mm nanos cinka približno 324 g/m² [8].

Proces pocinkanja obsega tri faze priprave konstrukcije, katere se izvedejo že v fazi projektiranja in izdelave konstrukcije [9]:

1. Pravilno izvedene in pripravljene izvrtine za odzračevanje votlih zaprtih delov in žepov (Slika 25).
2. Očiščeno površino brez kakršnihkoli predhodnim površinskih zaščit.
3. Očiščene in neporozne zvale.



Slika 25: Izvrtine na ceveh zaradi postopka vročega pocinkanja (vir: lasten vir).

Tehnološki postopek cinkanja zajema štiri glavne faze [9]:

1. Nalaganje elementov
 - Obešanje elementov na posebne gredi s pomočjo žice ali verig.
2. Kemijsko čiščenje in predpriprava
 - S potapljanjem obešenih elementov v kemijskih kopelih se očistijo rje in škaj.
 - V kislem razmaščevalcu se elementi čistijo in razmaščujejo.
 - V klorovodikovi kislini sledi luženje.
 - Kovinsko čisti elementi se najprej sperejo v vodi in potopijo v raztopino fluksa.
 - Elementi se sušijo v sušilni komori.
3. Vroče cinkanje v talini cinka (Slika 26)
 - Pripravljeni elementi se potopijo v raztaljeni cink.
 - Pride do metalurške vezave cinka in železa.
 - Po potrebi hlajenje elementov v vodi.
4. Razlaganje, čiščenje in embaliranje
 - Končna faza, kje se izvaja razlaganje elementov, čiščenje kapljic cinka in cinkovega pepela.
 - Embaliranje končanih elementov.



Slika 26: Potapljanje jeklenega elementa v raztopino cinka [10].

3.4 Varjenje nosilnih elementov konstrukcije

Ko so sestavni deli pripravljeni, je na vrsti varjenje sestavljenih elementov. Elementi so različnih velikosti in oblik, zato je tudi sam postopek izdelave različen. Izhodišče za izdelavo varjenih elementov je delavniški načrt zvarjenca, kjer so podani vsi potrebni podatki za tekočo in kvalitetno izdelavo. Skozi celoten proces izdelave se izvajajo različne kontrole, ki so pomembne za kvaliteten in pravilno izdelan sestavni del. Razdelitev del v posamezne faze prinaša hitrejšo in bolj tekočo izdelavo sestavnih delov konstrukcije.

3.4.1 Priprava šablone

Običajno se pri določenem projektu pojavljajo enaki kosi, ki tvorijo modularnost objektov. Takrat se za takšne kose izdelajo šablone (Slika 27), ki so podlaga in vodilo za vse ostale elemente, ki so si med seboj enaki.

To nalogo navadno izvaja vodja varilnice, saj je ta faza ključna za pravilno izvedene elemente, prav tako pa zahteva odlično sposobnost in branja načrtov. Na podlagi delavniške dokumentacije se izdelava šablona, ki mora izpolnjevati vse dimenzijske in tehnološke zahteve iz načrta. Vse mere se večkratno kontrolirajo. Elementi, ki so sestavni deli zvarjenca, imajo

na šabloni točno določeno in fiksirano pozicija, tako je pri kasnejšem sestavljanju možnost napak skoraj eliminirana.



Slika 27: Šablona za izdelavo serije enakih kosov (vir: lasten vir).

3.4.2 Priprava zvarjencev

Ekipa varilcev na podlagi ustrezno izdelanih šablon prične s sestavljanjem elementov. Že prej narezane in pripravljene profile sestavljajo v šablono ter jih medsebojno točkovno povarijo (Slika 28). Po potrebi na kos dodajo še kakšen dodatni element, ki je specifičen za določeno pozicijo. Običajno so to spojne ploščice za križno zavetrovanje, vzdolžne povezave, opore in podobno. Takšni detajli se izvajajo na podlagi delavniške dokumentacije, kjer so vse stvari jasno dokumentirane in prikazane. Tako sestavljene in pripravljene elemente odstranijo iz šablone in postavijo na varilno mesto druge skupine varilcev, ki zvarjence povarijo do konca.



Slika 28: Točkovno povarjen zvarjenec iz šablone (vir: lasten vir).

3.4.3 Varjenje pripravljenih elementov

Končna faza varjenja sestavnih kosov jeklene konstrukcije je dokončno varjenje zvarjencev iz šablone (Slika 29). Elementi, ki so predhodno pripravljeni in pregledani, se dokončajo in ustrezno pozicionirajo (Slika 29), kar je pomembno za lažjo montažo. Vsi zvari morajo biti izvedeni pravilno in v skladu s tehnično dokumentacijo.



Slika 29: Zvarjen del nosilca in spojna pločevina z označeno pozicijo (vir: lasten vir).

3.5 Pakiranje zvarjencev in transport

Ob zaključku varjenja elementov se končani zvarjenci pakirajo v ustrezne pakete, ki so pripravljeni za transport bodisi na teren, bodisi v pocinkovalnico (Slika 30). Glede na obliko in dimenzije kosov se paketi povežejo s povezovalnimi trakovi, ali samo zložijo na lesene palete. Pri pakiranju je potrebno biti pazljiv na končne dimenzije paketa zaradi dimenzijskih omejitev transportnih sredstev. Po Evropi poteka transport največkrat po cestah s pomočjo

kamionskih vlačilcev. Objekti, ki so odpremljeni na druge kontinente, pa se transportirajo s pomočjo vlačilcev kontejnerjev (Slika 31) do pristaniške luke, od tam pa z ladijskim prometom na določeno lokacijo.

Pred vsako odpremo konstrukcije na gradbišče se vsi elementi še enkrat pregledajo ali so izdelani v skladu z delavniško dokumentacijo. Istočasno se izvede tehtanje paketov, kar je pomembno zaradi pravilnega nalaganje na transportna sredstva.



Slika 30: Elementi pripravljeni za transport v pocinkovalnico (vir: lasten vir).



Slika 31: Pocinkani elementi pripravljeni za transport na gradbišče (vir: lasten vir).

4 Izdelava membranskega prekritja jeklene nosilne konstrukcije

4.1 Membranski material za prekrivanje jeklenih konstrukcij

Prekritje šotorske konstrukcije je v večini primerov izvedeno z membrano, ki je namenjena za prekrivanje takšnih objektov. Na trgu obstaja veliko proizvajalcev in različnih tipov membran. Različni tipi membran so namenjeni tudi različnemu namenu uporabe. Lažje membrane, ki imajo težo med 200 in 300 g/m², se v večini primerov uporabljajo kot zvočna izolacija, izvedba predelnih sten in ostalih nenosilnih sklopov. Za zunanjo uporabo, kjer je potrebna dolgotrajnost materiala, pa se uporabljajo težje membrane. Njihova teža se giblje med 600 g/m² in 1500 g/m². Te ponjave imajo površinsko prevleko iz akrila, polivinilfluorida ali polivinildefluorida, ki zagotavljajo kvalitetno zaščito materiala pred zunanjimi atmosferskimi vplivi [11]. Proizvajalci membran izdelujejo različne širine in dolžine rol, zato so membrane konstrukcij spojene iz večjega števila le teh. Širina rol se največkrat gibljejo med 150 in 300 cm, dolžina pa med 65 in 300 metri. Membrane se medsebojno spajajo s toplotnim postopkom. Varjenje se lahko izvaja z opremo za varjenje z vročim zrakom ali s segretim klinom, lahko pa se vari tudi z visoko frekvenčno varilno napravo. Bistvo dobrega zvara je, da je le ta močnejši od same membrane [11].

Natezno trdnost osnovne tkanine določa linearna gostota vlaken, ki so v niti preje, debelina in trdnost niti preje ter število le teh na tekoči meter materiala. Večjo natezno trdnost izdelka dobimo z gostejšo in debelejšo nitjo preje ter z večjim številom le teh na tekoči meter. Natezna trdnost membran si giblje med 2500 N/5cm in 7000 N/5cm širokem traku preizkušanca [11].

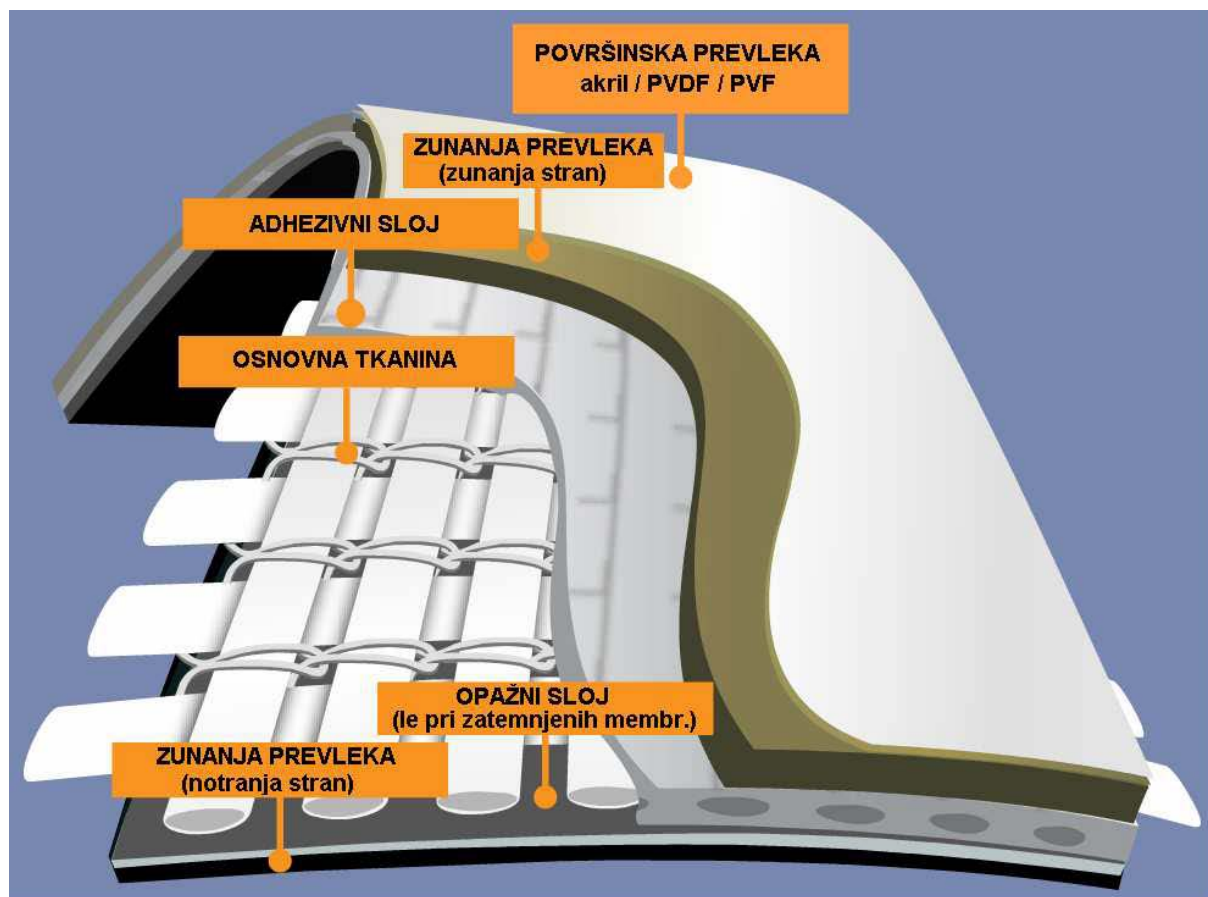
Največkrat uporabljene tkanine v proizvodnji membran so poliestrske tkanine, ki so zaradi svoje trajnosti, trdnosti, raztegljivosti in cene najbolj primerne za izdelavo različnih objektov [11].

4.2 Sestava tkanine iz poliestrskih vlaken, prevlečenih z vinili

Najpogostejši material za izdelavo trajnih membranskih konstrukcij, prehodov, nadstreškov, šotorskih objektov in lahkih konstrukcij so poliestri, prevlečeni z vinili. Običajno so ti vinili PVC [11].

Sestava membrane iz poliestrske tkanine prevlečene s PVC je [11] (Slika 32):

- Poliestrska osnovna tkanina.
- Adhezivni in lepilni sloj.
- Zunanja PVC prevleka.
- Površinska prevleka.



Slika 32: Shema sestave membrane, ki je prevlečena z vinili [11].

Poliestrška osnovna tkanina je nosilni sloj zunanje prevleke. Tkanina zagotavlja raztegljivost, odpornost na trganje, natezno trdnost in dimenzijsko stabilnost končnega izdelka. Tkanina je izdelana iz stkanе preje, ki imajo visoko dimenzijsko stabilnost in natezno trdnost [11].

Adhezivni sloj je kemična vez med poliestrskimi vlakni in zunanjo prevleko. Sloj onemogoča vpijanje vode v vlakna in posledično preprečuje poškodbe tkanine zaradi zmrzovanja in odtaljevanja absorbirane vode [11].

Zunanja PVC prevleka vsebuje kemikalije, ki jih dodajamo zaradi različnih potreb po specifičnem materialu. Tako dosegamo lastnosti glede barve, požarno odpornost, odpornost na vodo in podobno. Po končanem nanosu tekoče prevleke na tkanino gre membrana skozi številne valje v grelno komoro, kjer se prevleka osuši in strdi. Kombinacija barvnih odtenkov ponjav je zelo velika, vendar obstajajo standardne barvne karte na podlagi katerih so takšni materiali lažje in hitreje dobavljivi [11].

4.3 Krojenje membrane po načrtu

V fazi izdelave prekritja jeklene konstrukcije z membrano se srečamo z vsaj štirimi fazami. Prva predstavlja krojenje posameznih trakov membrane, ki bodo sestavljale celotno prekritje

objekta. Druga faza predstavlja grafično dodelavo trakov, v kolikor se arhitekt oziroma investitor odloči za kakršenkoli tisk ali barvno kombinacijo. V tretji fazi se prej pripravljeni trakovi varijo v celoto, ki se potem v četrti fazi zloži v ustrezno obliko.

4.3.1 Ročno krojenje

Na začetku izdelave membranskega prekritja je potrebno pripraviti vse trakove, ki so razdelani v načrtu za izdelavo prekritja. Na podlagi načrtov se ročno premerijo in izrežejo vsi sestavni trakovi. Režejo se s pomočjo škarij ali z različnimi namenskimi noži. Postopek ročnega krojenja je dokaj počasen in fizično naporen.

4.3.2 Strojno CNC krojenje

Priprava narezanih trakov membrane je bistveno lažja, hitrejša in natančnejša s pomočjo CNC vodenega rezalnika – »cutter« (Slika 33). Programska oprema omogoča optimalno porabo materiala in vnos programske kode, na podlagi katere stroj skroji vse potrebne kose za izdelavo prekritja. Obstajajo tudi naprednejši stroji, ki imajo vgrajeno tudi možnost tiskanja, kar omogoča označevanje sestavnih kosov in označevanje preklapov za varjenje – »cutter plotter«.



Slika 33: CNC rezalni stroj za krojenje membrane [12].

4.4 Grafična dodelava membrane

Vse več investitorjeve se odloča, da svoj novi objekt opremijo s grafičnim dodatkom. Največkrat se pojavljajo razni logotipi podjetij, slogani, fotografije izdelkov, ali pa se poigrajo samo z barvnimi kombinacijami, katere omogoča varjenje različnih barv membran. S tem se doseže dober efekt, hkrati pa za relativno nizek strošek dobijo velik in kvaliteten reklamni pano, ki predstavlja njihovo podjetje, izdelke, športni klub,....

4.4.1 Digitalni tisk

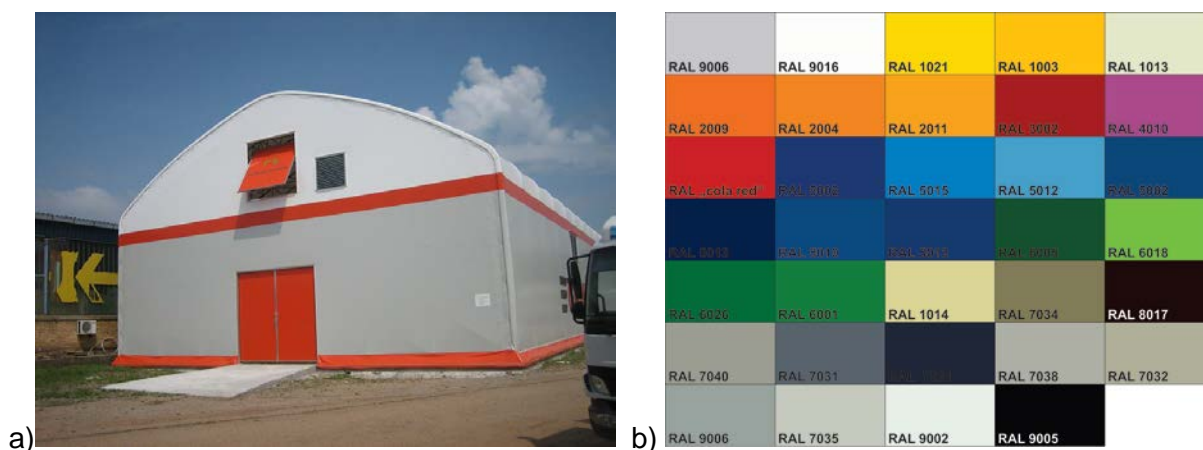
Ko govorimo o digitalnem tisku, imamo v mislih tehniko printanja ali tiskanja na velikoformatne medije. Membrane je možno opremiti s številnimi različnimi motivi. Najlažje je na membrano natisniti izbrani motiv, saj tam praktično ni omejitev niti pri obliki, niti pri barvi. Najboljši efekt se doseže s tiskom na belo membrano, saj je v tem primeru odtenek tiska najboljši približek programsko definirani barvni lestvici. Tukaj govorimo običajno o solventnem tisku, ki sodi v novejšo dobo tehnike tiskanja. Solventni tisk omogoča obstojnost barv pri zunanji uporabi in njihovo živost. Da se doseže že boljša zaščita tiska in se podaljša njegova obstojnost se grafika dodatno zaščiti z lakiranjem.

4.4.2 Sitotisk

Sitotisk, oziroma šablonski tisk se običajno uporablja za tisk na temnejše barve ponjave in za tisk bele barve. Tukaj pridejo v poštev enostavne oblike logotipov in črk, saj se barva nanaša ročno z valjčkom ali z zračno pištolo. Barvanje fotografij s to tehniko ni mogoče. Sitotisk se izdelava s pomočjo samolepilne folije, iz katere z laserskim rezalnikom izdelamo negativ ali pozitiv tiska. Šablono se namesti na mesto barvanja, ter površino pobarvamo. Uporabljajo se PVC barve na osnovi nitro baze.

4.4.3 Barvne kombinacije

Proizvajalci membran imajo dokaj bogato barvno RAL paleto (Slika 34b), na podlagi katere si lahko investitor izbere zunanjo fasado objekta. Z različnimi barvnimi kombinacijami praktično ni omejitev in se lahko izpolni še tako specifična želja posameznika (Slika 34a).



Slika 34: a) Barvna kombinacija po želji investitorja, b) RAL karta proizvajalca membran (vir: lasten vir).

4.5 Varjenje membrane po načrtu

Po končani fazi razreza trakov in končani grafični obdelavi je vse pripravljeno za varjenje membrane po načrtu (Slika 35). Varilne naprave spojijo dve membranski roli tako, da na ustrezno širok preklop dovedejo določeno količino toplote in pritiska. Tako staljene polimere obeh delov membrane na mestu spoja povežejo skupaj, s čimer dobimo kvaliteten, vodotesen in nepredušen zvar. Pri šotorskih membranah je kakovost izvedbe zvara izjemno pomembna, saj se pri pokriti konstrukciji v membrani pojavljajo velike sile, ki bi slabo izveden zvar hitro pretrgale.



Slika 35: Varjenje membrane večjih dimenzij na tleh delavnice. Varjenje z vročim zrakom (vir: lasten vir).

Poznamo dva postopka varjenja membran z uporabo toplote:

- Dielektrično visoko frekvenčno varjenje.
- Rotacijsko varjenje.

Ultrazvočno varjenje, varjenje z vročim zrakom in varjenje s segretim klinom spadajo pod rotacijsko varjenje. Visoko frekvenčne naprave pa delujejo po principu »štancanja« oziroma ponavljajočega stiskanja. Pri tej varianti varjenja obstajajo varilne mize z fiksno in premično glavo [11].

4.5.1 Varjenje z vročim zrakom

Varjenje s toplim zrakom je ena najbolj pogostih načinov varjenja šotorskih membran. Ta način spajanja rol je primeren zato, ker se lahko skoraj vso delo opravi na ustrezno pripravljene podlagi in v fazi varjenja ni potrebno dvigati celotne teže prekritja na varilno mizo. Samohodni varilni aparat (Slika 36) se glede na nastavljene parametre hitrosti in temperature sam premika po mestu zvara in s pomočjo vročega zraka in pritiska pogonskih koles spoji dve plasti membrane. Kot vir toplote, ki se med plasti dovaja skozi šobo, se uporablja vroč zrak. Hitrost premikanja in nastavljena temperatura zraka je odvisna od materiala, kateri se vari. Hitrost premikanja aparata se giblje med 3,5 m/min in 4,5 m/min., temperatura zraka pa nekje med 500°C in 600°C. Prednost tega načina varjenja je, da se lahko varijo tudi križni zvari, saj zrak ni tog in steče preko deformirane površine. Prav tako ni težav zaradi pregrevanja šobe ali težav z ožiganjem materiala na začetku ali na koncu varjenja. Slabost tega načina varjenja je, da se zaradi vročega zraka v prostoru izloča dim, hkrati pa je tudi samo delovanje dokaj glasno [11].



Slika 36: Samohodni aparat za varjenje z vročim zrakom (vir: lasten vir).

Za manjša varjenja detajlov ali popravila uporabljamo tudi ročni varilni aparat oziroma prostoročno pištolo in valjček (Slika 37). Največkrat se ga uporablja na montaži. Curek vročega zraka stopi termoplastični prevleki obeh membran, hkrati pa se s pomočjo ustreznega valjčka pritismo na zvar, s čimer membrani trajno spojimo.



Slika 37: Ročni varilni aparat in valjček (vir: lasten vir).

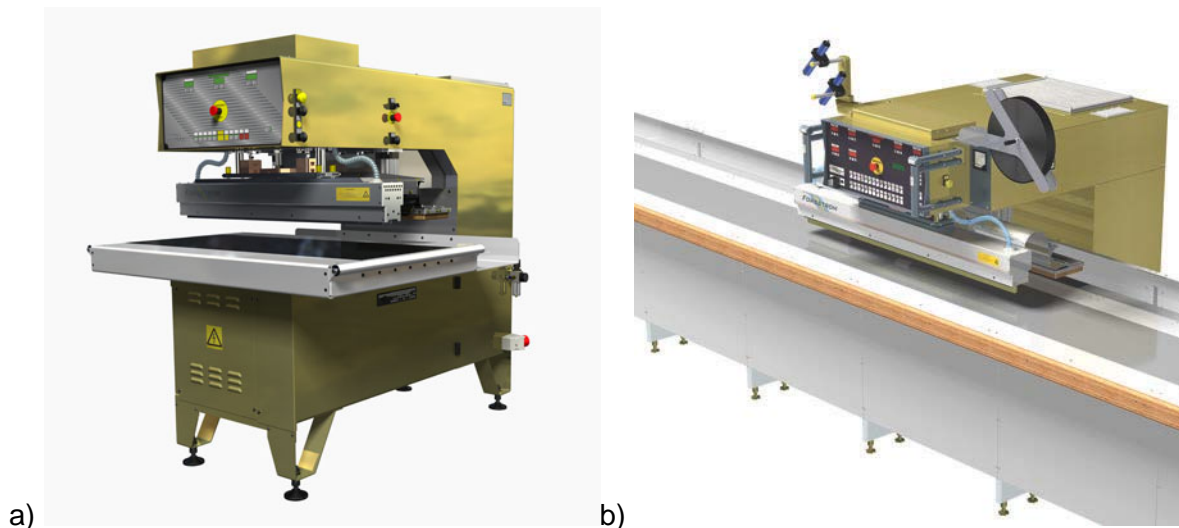
4.5.2 Varjenje s klinom

Varjenje s klinom je počasnejši postopek varjenja od varjenja z vročim zrakom. Prav tako je tudi bistveno bolj redko uporabljen postopek. Za tovrstno varjenje se uporablja kovinski kos klinaste oblike, preko katerega se med roli membrane neposredno dovaja toplota. Skozi segreti del membrane pogonski kolesi s pritiskom dokončno spojita membrani v celoto. Slabost tega načina varjenja je še v primeru prekinitve varjenja za kratek čas, saj se lahko roli na mestu prekinitve ožgeta. Možno je tudi, da zaradi umazanije ali česa podobnega med plastema membrane pride do nabiranja na klin, kar blokira prenos toplote in se na tem mestu izvede slabši zvar. Prednost tega načina je, da je poraba energije manjša, manjši pa je tudi hrup [11].

4.5.3 Visoko frekvenčno varjenje - HF

Visoko frekvenčno varjenje je bilo razvito pred več kot 40 leti in je starejše od rotacijskega varjenja. Varilni aparat po tem postopku deluje s približno 27 MHz. Pri manjših aparatih je običajno varilna glava fiksna in se ne da premikati (Slika 38a), pri večjih pa je miza dolga tudi po več deset metrov in se varilna glava premika po vodilih (Slika 38b), kar zelo olajša delo. Princip delovanja je takšen, da se elektroda na spodnji strani varilnega stroja pritisne na preklap membranskih rol, ki ga podpira spodnja plošča. Ko je pozicija ustrezno nameščena se med elektrodo in ploščo dovede časovno reguliran pulz in pritisk zgornje elektrode na podlago. Energija, ki jo proizvede aparat segreje membrani tako, da se termoplastična prevleka začasno stali in se termoplasti spojijo skupaj v celoto. Po končanem varjenju se

elektroda dvigne v začetni položaj. Postopek varjenja ponovimo, ko je membrana pozicionirana za novi zvar. Dolžine elektrod so različne in sicer nekje od 0,1m do 1,5m. Dolžina elektrode je odvisna od širine zvara in moči stroja [11].



Slika 38: a) Stacionarni HF aparat za varjenje membrane, b) Premični HF aparat za varjenje membrane [13].

4.6 Pakiranje membrane

Zadnja in zelo pomembna faza izdelave membranskega prekritja je pakiranje (Slika 39). Zaradi velike površine in velike teže končnega izdelka je ključno, da je na montaži vse pripravljeno za raztegovanje membrane, kot je predvideno že v projektiranju objekta. V kolikor ni vse pripravljeno tako, kot mora biti se lahko na montaži srečamo z velikimi težavami saj lahko prekritje obrnemo narobe. Glede na velikost objekta se določi tudi sistem zlaganja in raztegovanja ponjave. Pri manjših objektih se kompletna rola postavi na slemo konstrukcije, pri večjih pa je prekritje potrebno zložiti tako, da se lahko ob dolžini objekta membrana raztegne na tleh, nato pa se že na pol razvita dvigne prot slemenu. Zložena membrana se postavi na ustrezne palete in se zaščiti pred umazanijo in poškodbami med prevozom na gradbišče.



Slika 39: Pripravljena membrana šotora večjih dimenzij za transport na gradbišče (vir: lasten vir).

5 Montaža jeklene šotorske konstrukcije

Šotorske konstrukcije so izdelane po sistemu montažno demontažnega tipa, kar pomeni, da so vsi spoji vijačeni. To nam omogoča, da so elementi, katere je potrebno izdelati in pripeljati na gradbišče, manjši in lažje manipulativno obvladljivi. Hkrati pa je možno kasneje takšno konstrukcijo razstaviti in jo prestaviti na drugo lokacijo. Za kvalitetno in tekočo montažo so zelo pomembne predhodne faze v izdelavi kompletnega objekta, saj se tukaj pokažejo vse napake, ki bi se pojavile do te točke. Za nemoten potek montaže je pomembna tudi ustrezna strojna in varovalna oprema, ter izkušena ekipa monterjev.

5.1 Oprema

Za postavitev manjših jeklenih konstrukcij se uporabljajo manjši delovni stroji, kakšna zelo majhna konstrukcija pa se lahko postavi tudi samo z lestvijo. Bistveno bolj pomembna je oprema pri objektih večjih dimenzij, kjer so teže in dimenzije težko obvladljive brez dodatne pomoči mehanizacije. Za montažo jeklenih konstrukcij prekritih z membrano se največkrat uporabljajo viličarji, dvizne košare, dvigala, mini bagerji in ostalo elektro ter ročno orodje.

5.1.1 Viličar

Viličar je industrijsko vozilo. Njegov namen je prevoz in dvigovanje materiala.

Glede na vrsto pogona obstajajo [14]:

- Ročni viličarji, ki nimajo lastnega pogona.
- Viličarji, ki imajo motor z notranjim izgorevanjem (bencin, dizel ali plin).
- Elektromotorni pogon (napajajo se preko akumulatorja ali električnega kabla).
- Hibridni pogon (kombinacija elektromotorja in motorja z notranjim izgorevanjem).

Za montažo jeklenih konstrukcij se največkrat uporabljajo viličarji z notranjim izgorevanjem – dizelski motor, katerih prednost je večja moč, vzdržljivost, večja nosilnost in boljša vodljivost na slabem terenu. Najuporabnejša sta navaden čelni viličar (Slika 40a) in teleskopski viličar (Slika 40b).



Slika 40: a) Navaden čelni viličar, b) Teleskopski viličar (vir: lasten vir).

5.1.1.1 Navaden čelni viličar

Pri raztovarjanju in sortiranju materiala na deponiji oziroma gradbišču se običajno uporablja navaden čelni viličar, ki ima ustrezno nosilnost glede na težo elementov. Največkrat govorimo o 5 tonskem viličarju. Pri manjših dimenzijah objektov služi tudi kot pomoč pri sestavi in dviganju nosilnih lokov konstrukcije.

5.1.1.2 Teleskopski viličar

Teleskopski viličarji so zelo uporabni pri postavitvi konstrukcij, saj so veliko bolj fleksibilni kot čelni. Takšni viličarji imajo tudi teleskopske vilice, kar pride še kako prav pri postavljanju in prenosu večjih elementov. Nekateri teleskopski viličarji obstajajo tudi v rotacijski izvedbi, kar pomeni, da se vilice in kabina z upravljavcem vrtita okoli svoje osi.

5.1.2 Dvižna ploščad

Dvižna ploščad je naprava, ki je namenjena prevažanju oseb. Napravo upravlja delavec iz košare preko pregledne nadzorne plošče. Delovanje dvižne košare je programirano tako, da omogoča le vertikalne in horizontalne pomike le takrat ko je stroj v varnem območju. Ko ploščad ne stoji na dovolj ravnem terenu njeno delovanje ni mogoče. Za pogon opreme se uporabljajo dizelski motorji in elektromotorji [15].

Pri montaži jeklene konstrukcije je dvižna ploščad ključnega pomena. Ploščad nadomešča navadne lestve, ki bi delo zelo upočasnjevale in so pri večjih višinah neuporabne. Tako je delo z dvižnimi ploščadmi na višini hitrejše in bolj varno.

5.1.2.1 Škarjatska dvižna ploščad

Škarjaste dvižne ploščadi (Slika 41) omogočajo zgolj vertikalne dvige in horizontalne premike. Navadno imajo taki tipi ploščadi večje nosilnosti od teleskopskih in sicer tudi več od pol tone. Največkrat se za montažo jeklenih konstrukcij uporabljajo dvižne ploščadi z dizelskim motorjem, saj imajo večja kolesa in močnejši pogon. Takšna izvedba je boljša za

montažo na neravnih površinah. Električne se bolj pogosto uporabljajo za dela na višini v halah, kjer je podlaga ravna.



Slika 41: Navadna škarjatska dvizna ploščad (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

5.1.2.2 Teleskopska dvizna ploščad

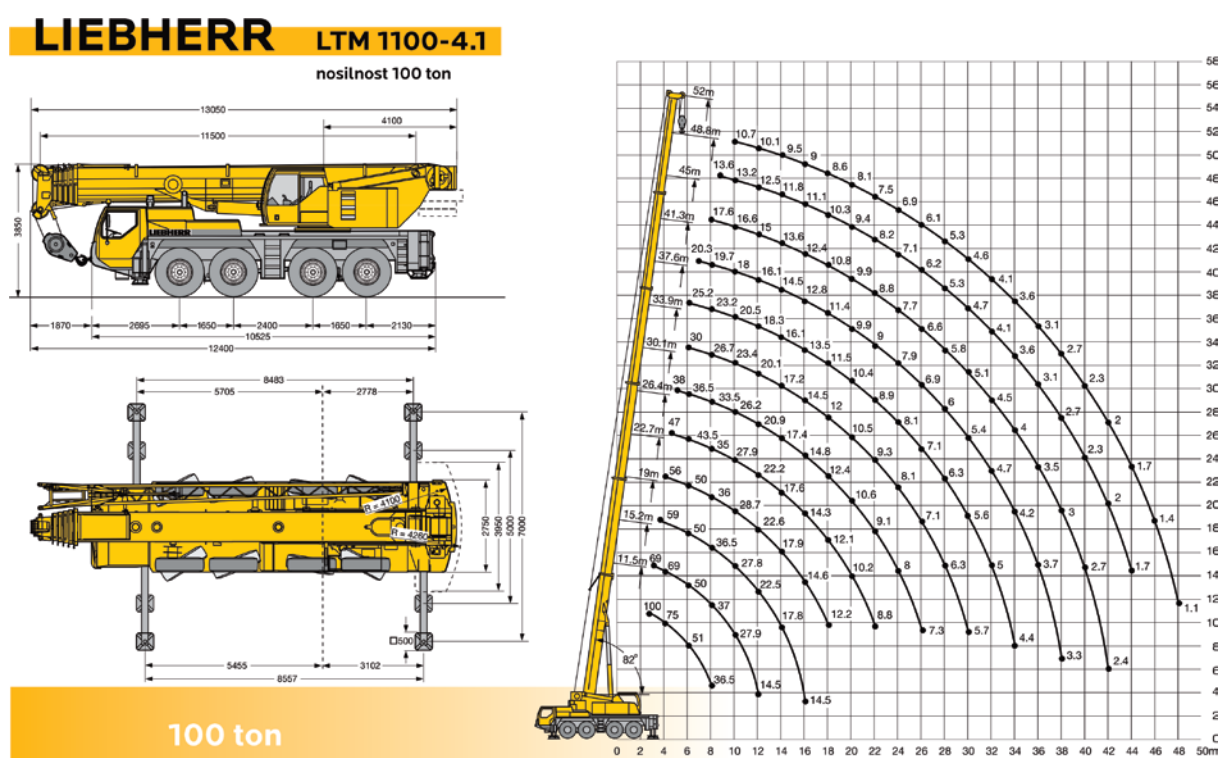
Teleskopske ploščadi (Slika 42) omogočajo tako horizontalen kot vertikalni pomik. Obstajajo tudi posebne izvedbe teleskopskih ploščadi, ki imajo lomljivo roko in omogočajo še več dodatnih različnih gibov. Največkrat se uporabljajo takrat, ko smo omejeni s prostorom, dostopom in kakšnimi drugimi omejitvami, ki nas ovirajo pri delu.



Slika 42: Teleskopska dvizna ploščad (vir: lasten vir).

5.1.3 Avtodvigalo

Avtodvigala ali mobilna dvigala so v splošnem visoko zmogljivi hidravlični stroji, ki se uporabljajo za različne namene. Razlikujejo se po dolžini dvizne roke in po nosilnosti. Vsako vozilo ima hidravlične stabilizatorje, katerih naloga je utrditev vozila na delovnem mestu in teleskopsko hidravlično roko, ki je bistvenega pomena. Avtodvigalo s krajšo teleskopsko roko prenese velike obremenitve, dvigalo z daljše iztegnjeno dvizno roko pa doseže višje ali dlje, seveda z manjšo dovoljeno obremenitvijo. Imenske mere dvigalo poimenujejo največjo dovoljeno obremenitev na najkrajši roku dvigala. Z daljšanjem roke pa maksimalna obremenitev pada po krivulji (Slika 43) [16].



Slika 43: Karakteristike avtodvigala Liebherr LTM 1100-4.1 z nosilnostjo 100 ton [16].

Avtodvigala se uporabljajo pri dvigovanju segmentov sestavljene jeklene konstrukcije, za premike in postavitve večjih in težjih elementov, ter pri dviganju in raztegovanju membrane. Velikost oziroma nosilnost stroja se izbere glede na potrebe, ki so takrat na gradbišču. Največkrat se uporabljajo avtodvigala nosilnosti od 60 do 100 ton.

5.1.4 Mini bager

Pri montaži jeklene šotorske konstrukcije se mini bager uporablja za zabijanje sider v podlago. Pri objektih večjih razponov in večjih zunanjih obremenitvah je potrebno zagotoviti ustrezno sidranje v podlago. Zaradi velikega števila sider in njihovega velikega premera je to

možno narediti samo z ustrezno opremo. Bager z nameščenim pnevmatskim kladivom in ustreznim nastavkom služi za zabijanje žebeljev v podlago.

5.1.5 Ostalo električno in ročno orodje

Pri montaži jeklene konstrukcije in membrane se uporablja še številno ostalo orodje. Uporabljajo se:

- Vrtalke.
- Pnevmatika kladiva.
- Kotne brusilke.
- Izvijači.
- Nasadni in viličasti ključ.
- Kladiva.
- Fen za varjenje membrane,...

5.2 Razlaganje in deponiranje konstrukcije na lokaciji postavitve

Pred pričetkom montaže se na gradbišču označi in ogradi del zemljišča, kjer bo deponiran ves sestavni material, ki se bo uporabljal za montažo novega objekta. Ob prihodu kamionov (Slika 44a) se z viličarji material razloži in deponira na ustrezni lokaciji (Slika 44b).



Slika 44: a) Dostava materiala na gradbišče, b) deponija materiala na gradbišču (vir: Konstrukcije Schwarzmänn d.o.o.).

5.3 Postopek montaže

Postopek oziroma koraki montaže so pri večini objektov enaki, možno pa je seveda odstopanje glede na specifiko in zahtevnost konstrukcije.

Glavne faze montaže se delijo na:

- Pozicioniranje objekta.
- Sidranje temeljnih plošč.
- Sestavljanje nosilnih lokov.
- Nameščanje vzdolžnih povezav.

- Nameščanje križnih povezav.
- Dviganje nosilne konstrukcije.
- Montaža preostalega dela konstrukcije (končnice, okvirji vrat,...).
- Zategovanje križnih povezav.
- Kontrola spojev.
- Dviganje in raztegovanje membrane.
- Pritrjevanje in napenjanje membrane.
- Zaključevanje.

5.3.1 Pozicioniranje jeklene šotorske konstrukcije na lokaciji

Pred pričetkom montaže je potrebno premeriti parcelo in označiti izhodiščno točko za postavitve. Izhodišče je določeno glede na geodetsko zakoličbo oziroma glede na izhodišče, ki ga določi investitor, ki mora upoštevati vse predpisane odmike. Na zarisane pozicije se raznosijo oziroma razvozijo temeljne plošče s sidri (Slika 45). Paziti je potrebno, da je pravilna pozicija temelja na pravilni predvideni poziciji na terenu. Natančno je potrebno spremljati montažno dokumentacijo in montirati v skladu z njo.



Slika 45: Pozicioniranje nosilnih elementov in temeljev (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

5.3.2 Sidranje temeljnih plošč

Sidranje temeljnih plošč je možno na več načinov in je odvisno od podlage in velikosti objekta. Največkrat se jeklene konstrukcije prekrite z membrano postavljajo na asfaltno podlago, kar je tudi prednost tovrstnih lahkih konstrukcij. V veliko primerih je to za investitorja zelo velika prednost, saj lahko brez dodatnih gradbenih del postavi objekt na že obstoječe asfaltirano parkirišče, dvorišče,... Druga možnost je sidranje v AB podlago s pomočjo kemijskih ali mehanskih sider. Pri velikih obremenitvah na temelj, kjer ni mogoče zagotoviti ustreznega sidranja na omenjene načine pa se sidrne palice že v fazi betoniranja pritrdijo na

armaturni koš in se zalijejo z betonom. Slabost tega sistema je ta, da morajo biti sidrni vijaki nameščeni zelo natančno, saj je drugače kasnejša montaža problematična.

5.3.2.1 Sidranje temeljni plošč v beton

Sidranje v beton se največkrat izvaja s pomočjo kemijskih sider, redkokdaj pa z mehanskimi.

Izraz kemična sidra se v splošnem uporablja za različne jeklene navojne palice in armaturne palice, ki so pritrjene v osnovni material z uporabo različnih lepilnih smol oziroma veziv. Večinoma je ta material beton ali opeka. Sidranje po tem sistemu je primerno tam, kjer se zahteva visoka nosilnost, pri čemer velja, da je vezivo večinoma močnejše od osnovnega materiala.

Sistem kemičnega sidranja temelji na lepljenju, ki je posledica kemičnih reakcij v vezivu in zato osnovni material ni podvržen dodatnim napetostim, ki pa se pojavijo pri sistemu mehanskega sidranja. Kemična sidra v splošnem temeljijo na dvokomponentni osnovi. Osnovnemu vezivu se z mešanjem doda še druga komponenta, ki povzroči kemično reakcijo in posledično strjevanje veziva. Na trgu obstajajo številni sistemi kemičnega sidranja, ki se razlikujejo glede na trdnost, stopnjo krčenja veziva, vpliva na zdravje, temperaturo vgradnje, hitrost vezanja,... [17]


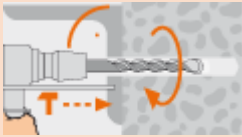




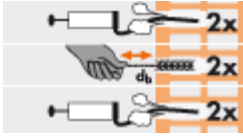
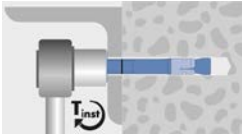

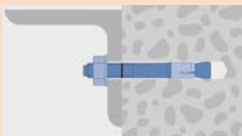
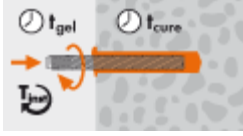
V Preglednici 1 so prikazane prednosti in slabosti kemičnih ter mehanskih sider.

	Kemična sidra	Mehanska sidra
Prednosti	<ul style="list-style-type: none"> • Majhen razmik med sidri in odmik sider od roba • Spremenljiva globina sidranja • Prilagodljivost različnim osnovnim materialom 	<ul style="list-style-type: none"> • Takojšnja obremenitev • Enostavna vgradnja • Okolju in zdravju prijazno
Slabosti	<ul style="list-style-type: none"> • Postopek vgradnje • Temperaturna odvisnost • Čas strjevanja • Skladiščenje 	<ul style="list-style-type: none"> • Večji razmik med sidri in odmik od roba • Različna sidra za različne globine sidranja

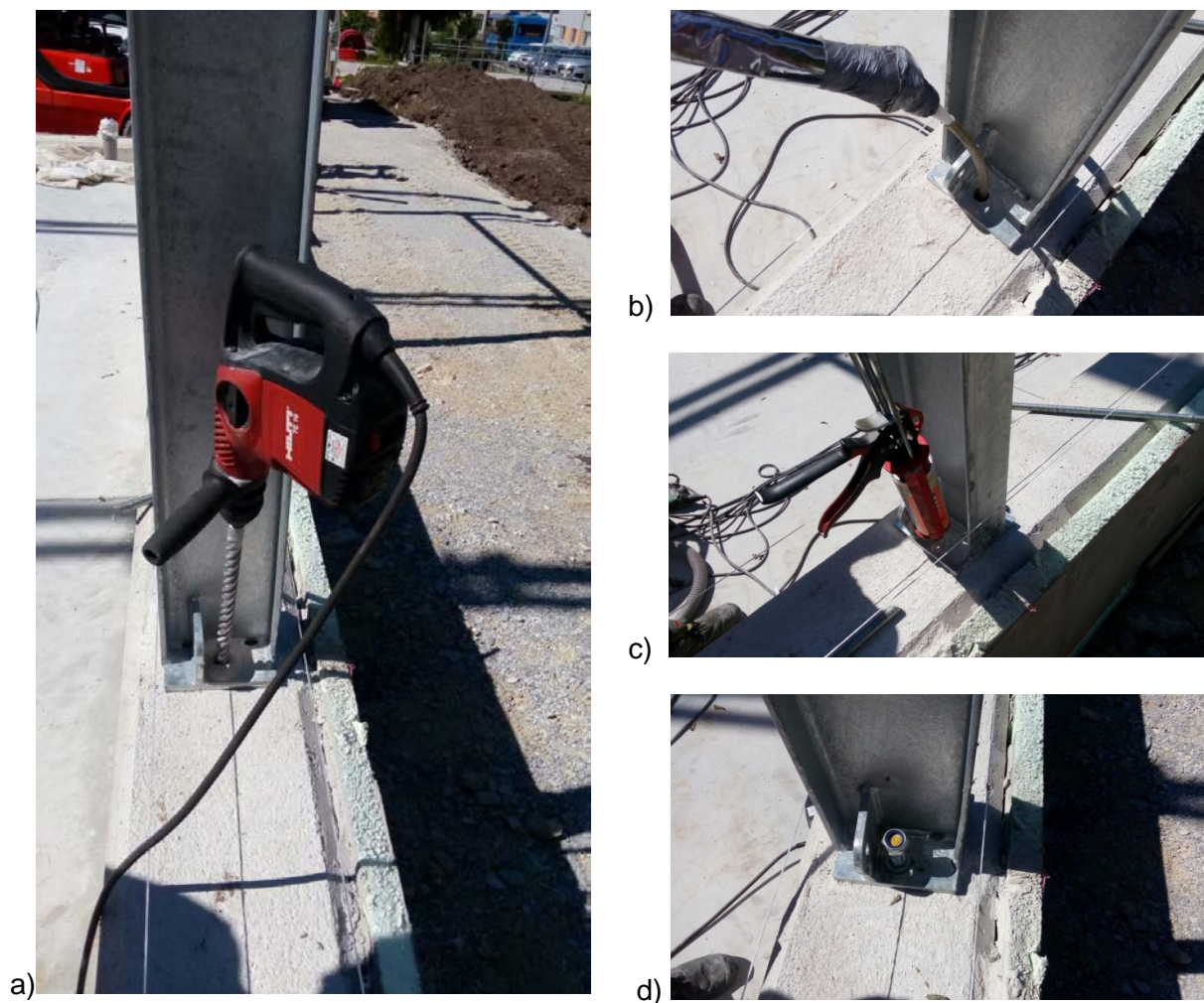
Preglednica 1: Primerjava med sidranjem s kemičnimi in mehanskimi sidri [17].

V preglednici 2 sta prikazana postopka sidranja s kemičnimi in mehanskimi sidri.

Kemično sidranje 	Mehansko sidranje 
--	--

1.)	 <p>Izvrtaemo vrtino (Slika 46a).</p>	 <p>Izvrtaemo vrtino.</p>
2.)	 <p>Očistimo vrtino (Slika 46b).</p>	 <p>Očistimo vrtino.</p>
3.)	 <p>Očistimo vrtino (Slika 46b).</p>	 <p>Namestimo vgradni del in zidni vložek.</p>
4.)	 <p>Očistimo vrtino (Slika 46b).</p>	 <p>Zategnemo na vnaprej določeno vrednost.</p>
5.)	 <p>Pred vstavitvijo sidra v napolnjeno vrtino, moramo na navojni palici označiti dovoljeno utopitev sidra. Mešanico vbrizgamo v odprtino šele, ko začne pritekati enotna masa. S polnjenjem začnemo na dnu odprtine, zato da bi preprečili pojav zračnih žepov (Slika 46c).</p>	
6.)	 <p>Zategnemo na vnaprej določeno vrednost (Slika 46d).</p>	

Preglednica 2: Postopek sidranja s kemičnimi in mehanskimi sidri [18].



Slika 46: a) Vrtanje ustrezne izvrtine v beton, b) čiščenje izvrtine, c) polnjenje izvrtine s sidrno maso, d) vstavitev navojne palice v luknjo z maso (vir: lasten vir).

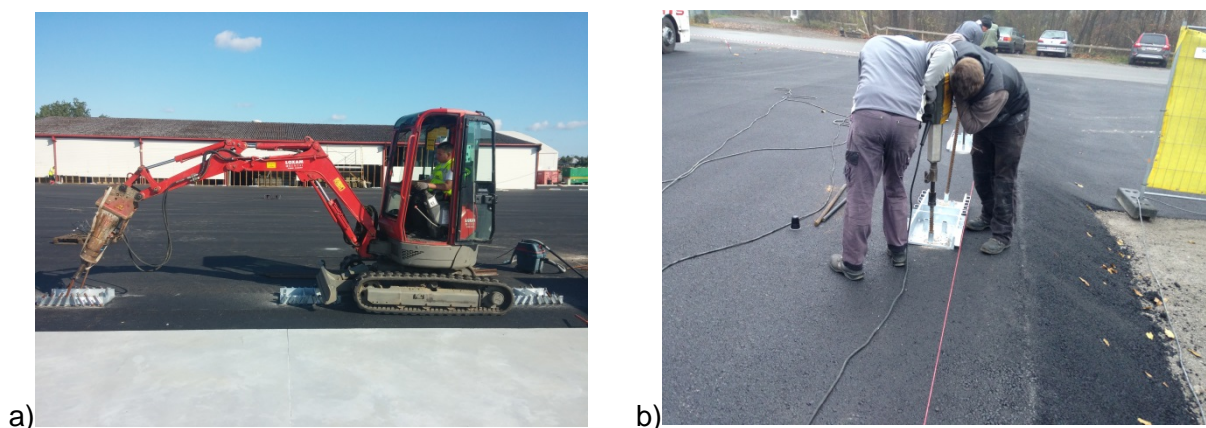
5.3.2.2 Sidranje temeljni plošč v asfalt ali pesek

Na ustrezno podlago se temeljne plošče sidrajo tudi s pomočjo jeklenih sider, ki so izdelana iz rebraste armature. Glede na velikosti sil, ki delujejo na podlago se določi velikost, število in globina sidranja.



Slika 47: Vrtanje lukenj skozi asfalt (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

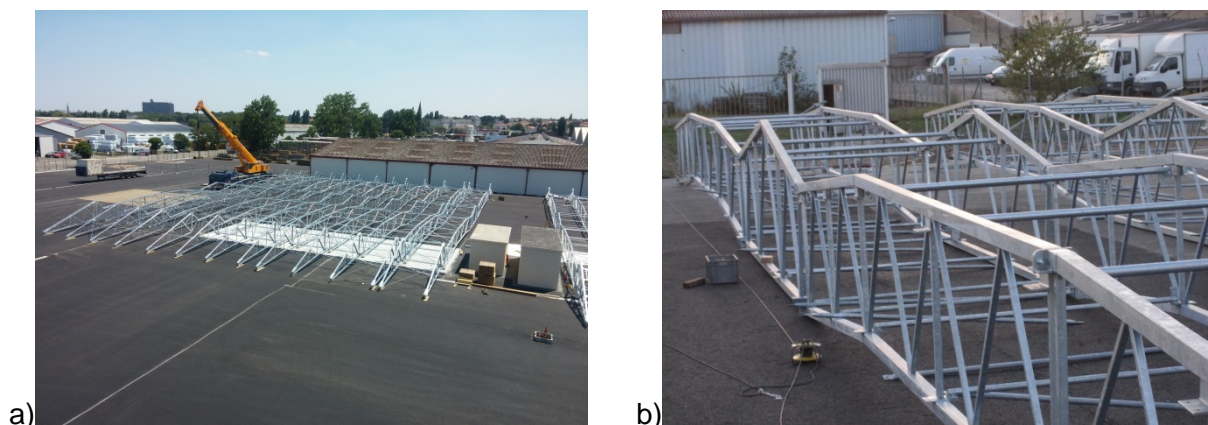
Skozi asfaltno plast se s pomočjo vrtalke in svedra naredi ustrezna izvrtina (Slika 47). Skozi luknjo se namesti žebelj, katerega se v podlago zabije s pomočjo udarnega kladiva na elektriko (Slika 49b) ali s pnevmatskim kladivom, ki je nameščen na mini bager (Slika 49a).



Slika 48: a) Zabijanje žebeljev z mini bagerjem, b) zabijanje žebeljev z električnim kladivom (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

5.3.3 Sestavljanje nosilnih lokov, nameščanje vzdolžnih povezav – distančnikov in nameščanje križnih povezav - zavetrovanj

Sestavljanje nosilnih lokov (Slika 49a) je korak, kjer so običajno na vrsti za montažo največji in najtežji kosi konstrukcije. Pomembna je pravilna razporeditev elementov, saj imajo različne pozicije navarjene različne dodatne kose, ki so ključne za montažo kosov, ki pridejo na vrsto kasneje. Na prvi pogled so si vsi kosi medsebojno zelo podobni, vendar je potrebno biti zelo previden pri pozicioniranju. Vsi kosi so že v delavnici ustrezno označeni, a dodatna kontrola oznak pride še kako prav. Nosilne elemente se z viličarjem razvozi na ustrezno mesto, kjer se več kosov sestavi v nosilni lok. Nosilni lok običajno sestavljata dva stebra in strešni nosilci, katerih število je odvisno od razpona konstrukcije.



Slika 49: a) Sestavljena konstrukcija na tleh, b) nosilna konstrukcija povezana z vzdolžnimi povezavami (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

Vzdolžne povezave ali distančniki so elementi, ki povezujejo nosilne loke oziroma okvirje (Slika 49b). Distančniki so ključni že v fazi montaže okvirjev, saj preprečujejo, da bi se posamezen lok prevrnil. Medsebojno povezani okvirji tvorijo celoto objekta in zagotavljajo stabilnost konstrukcije. Distančniki so največkrat izdelani iz okroglih ali kvadratnih cevi, ki imajo na koncih navarjene spojne pločevine za pritrditev na nosilni lok.

Križne povezave zagotavljajo vzdolžno stabilnost objekta. Nameščene so tako na bočnih stenah, kot tudi na strešnem delu nosilne konstrukcije. Lokacija, število in dimenzije zavetrovanja so odvisne od obremenitev na konstrukcijo in njene velikosti. V večini primerov se za križne povezave uporablja tipiziran sistem, katerega tvorijo napenjalci in natezni elementi, ki so izdelani iz gladke armature okroglega premera, ali iz kvadratnih cevi.

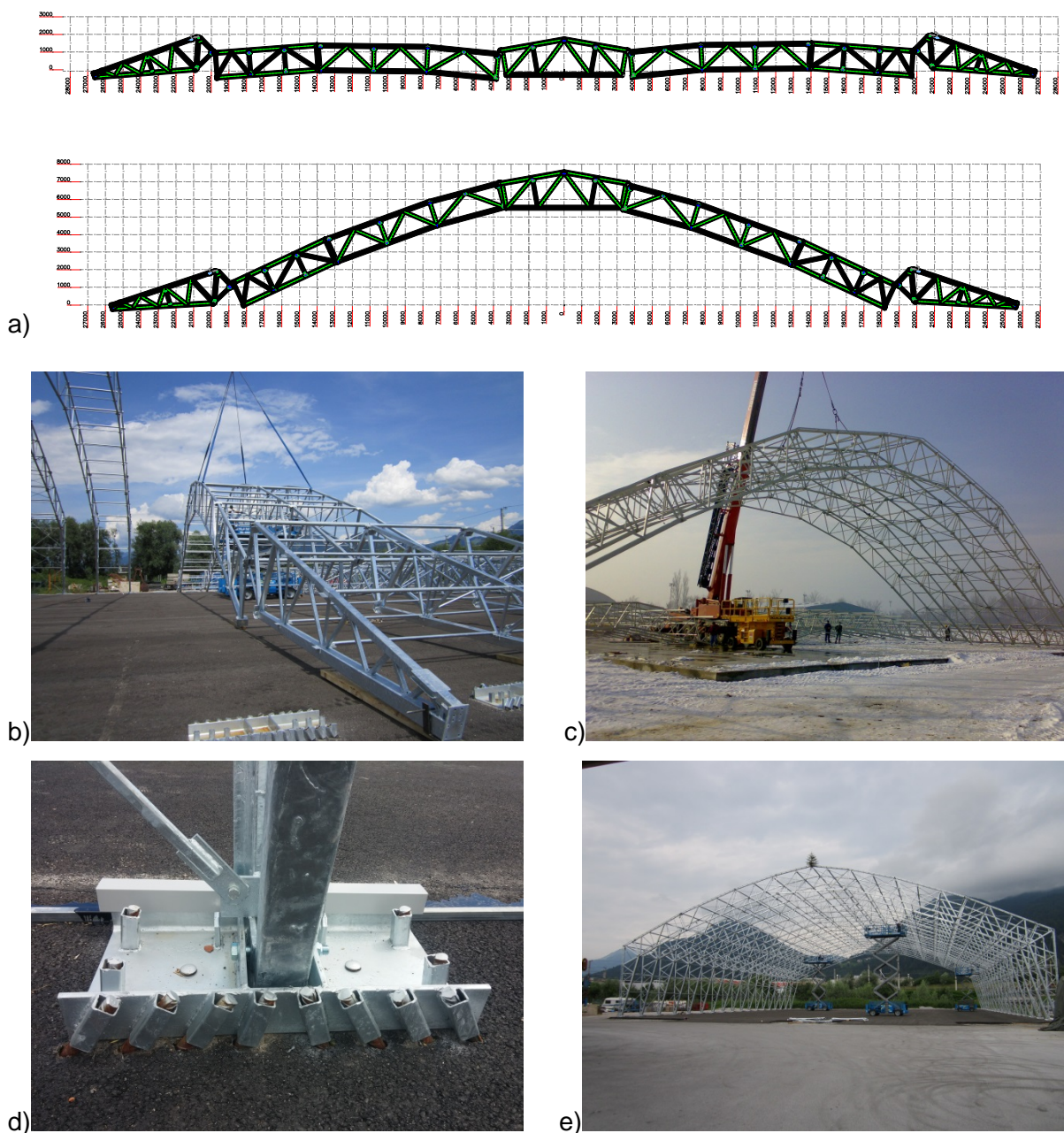
5.3.4 Dvigovanje nosilne konstrukcije

Ko so segmenti nosilnih lokov med seboj povezani, se lahko prične z dvigovanjem konstrukcije. Običajno se dviga nekje od dva do štiri segmente hkrati, odvisno od velikosti in teže konstrukcije. Število dviganja segmentov je odvisno tudi od razpoložljive mehanizacije, saj se na oddaljenih lokacijah montaže težje dobi ustrezno mehanizacijo.

Pred pričetkom dviganja je potrebno natančno izračunati težo konstrukcije, ki se dviga. Prav tako je potrebno konstrukcijo pripeti na dvigalo v točno določenih točkah, da pri dviganju ne pride do poškodbe nosilnih elementov. Pri dviganju segmentov se zaradi relativno velike teže v elementih pojavljajo velike napetosti, ki lahko povzročijo deformacijo konstrukcije.

Sestavljena konstrukcija, ki je raztegnjena po podlagi (Slika 50a) predstavlja veliko prednost, saj se lahko večina elementov kot so distančniki in križi namestijo na ustrezno mesto kar iz tal brez kakšne mehanizacije za delo na višini. Tak sistem montaže predstavlja velik prihranek časa pri celotni montaži objekta. Segmenti se med dviganjem zapirajo sami vase

(Slika 50b), (Slika 50c), ker so po zunanjem obodu spojeni po sistemu tečaja. Pri postopnem dviganju se najprej spojuje strešni elementi, katere se takoj zvižjači. Nato se nadaljuje z dviganjem do točke, kjer se nosilni lok postavi v pravilno obliko. Tako dvignjen in spojen nosilni segment se namesti v ustrezno ležišče temeljne plošče (Slika 50d). Tako postavljeni in medsebojno povezani nosilni okvirji tvorijo celotno konstrukcijo (Slika 50e).



Slika 50: a, b, c) Sistem dviganja konstrukcije, d) steber v temeljni plošči, e) postavljena konstrukcija (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

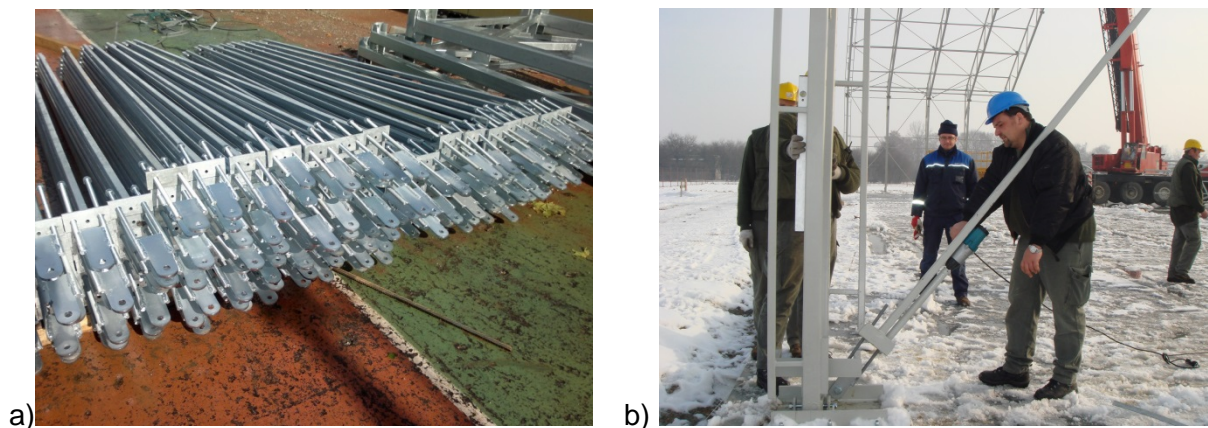
5.3.5 Montaža preostalega dela konstrukcije

Ko so segmenti nosilne konstrukcije postavljeni in pritrjeni v podlago se z vzdolžnimi povezavami in križnim povezjem povežejo še medsebojna polja. Prav tako je potrebno

namestiti konstrukcijo obeh končnih sten in njene opore. Namesti se še vse ostale dele konstrukcije, kot so okvirji avtomatskih vrat, prezračevalnih ventilatorjev in podobno. Vsi dodatni elementi, ki so pritrjeni na konstrukcijo so fiksirani z vijaki in jih je možno kasneje odstraniti oziroma ločiti od osnovne konstrukcije.

5.3.6 Zategovanje križnih povezav

Po končani montaži večjih glavnih sestavnih delov in vseh vzdolžnih in križnih povezav (Slika 51a) je potrebno vse križne povezave zategniti (Slika 51b) in konstrukcijo uravnati. S pomočjo standardnih napenjalcev in ustreznega električnega orodja se vse križne povezave napnejo. Povezave morajo biti zategnjene, saj so nosilne zgolj v nategu in morajo v primeru obtežbe takoj opraviti svojo funkcijo.



Slika 51: a) Standardni napenjalci križnih povezav, b) zategovanje križnih povezav (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

5.3.7 Kontrola spojev

Ko je montaža končana, se izvede kontrola vseh vijačenih spojev. Vsi vijaki in matice morajo biti nameščene in zategnjene na predvidenih mestih. Ustrezna zategnjenost vijakov se preverja z moment ključem (Slika 52), na katerem se nastavi ustrezna vrednost, ki je predpisana glede na velikost in kakovost vijaka. Ob dovolj veliki zategnjenosti vijaka moment ključ »preskoči«, kar pomeni, da je vijak dovolj zategnjen.

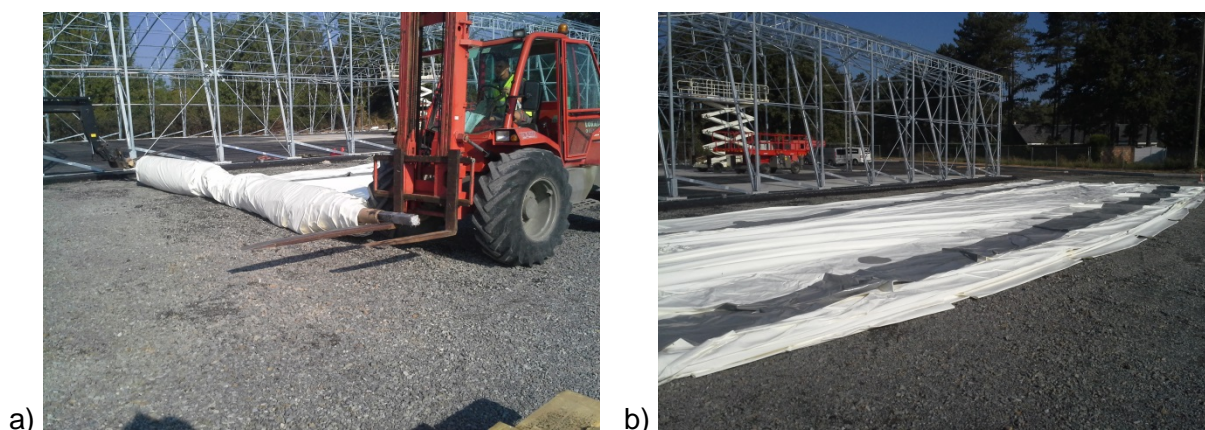


Slika 52: Moment ključ [19]

5.3.8 Dvigovanje in razvijanje membrane po konstrukciji

Po zaključku montaže nosilne jeklene konstrukcije pride na vrsto prekritje. Membrana pride na montažo ustrezno spakirana in zložena. Glede na označene smeri na zloženi membrani se le ta pravilno orientira in obrne, saj bi v nasprotnem primeru lahko prišlo do napačno postavljene membrane.

Pred pričetkom raztegovanja ponjave ob jekleni konstrukciji se na tla položi zaščitna folija, ki poskrbi, da se membrana ne poškoduje in ne umaže. Nato se ročno ali s pomočjo viličarjev raztegne naviti del membrane (Slika 53a). Tako je membrana pripravljena na dviganje (Slika 53b), katero se izvaja z vsaj dvema dvigalom. V tej fazi je potrebna zelo velika previdnost in izkušnost izvajalcev, saj se lahko prekritje v trenutku poškoduje. Pred pričetkom dviganja je potrebno tudi spremljati vremensko napoved in se glede na podatke odločiti ali so razmere dovolj dobre in varne za tak korak.

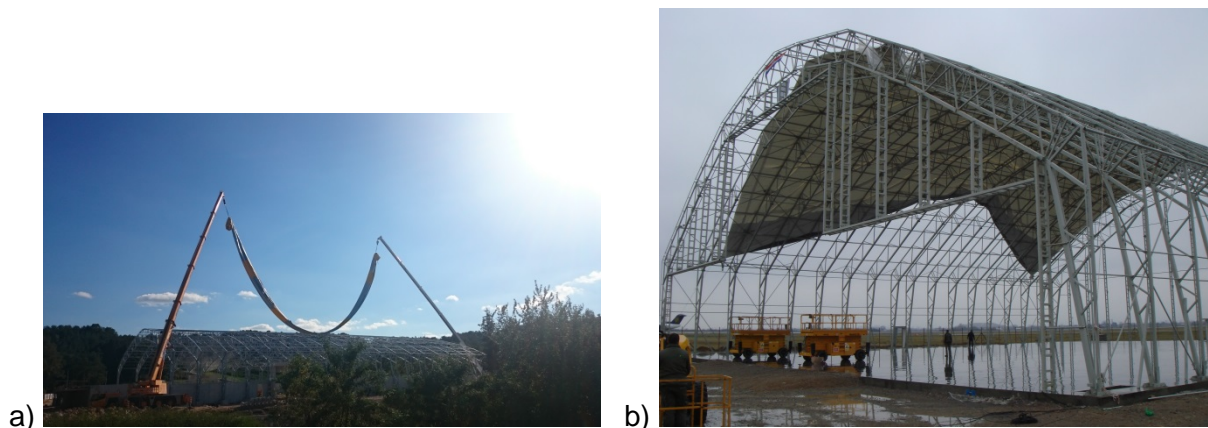


a)

b)

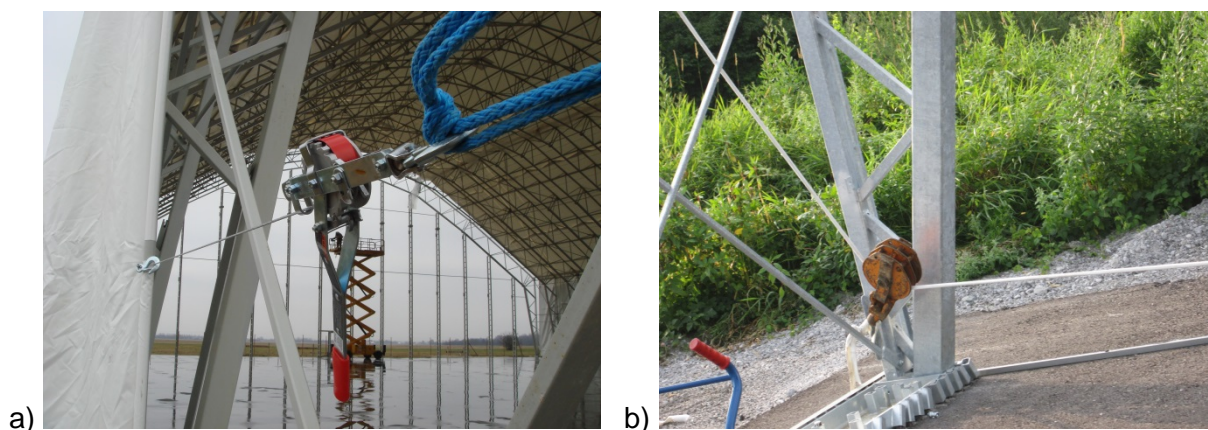
Slika 53: a) Raztegovanje membranske kritina na tleh, b) pripravljena membrana za dviganje na konstrukcijo (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

Ustrezno veliki dvigali se postavita na ustrezni poziciji. Eno je pozicionirano na začetku, drugo pa na koncu objekta. Oba konca membrane se ustrezno pritrdita na kavlja dvigal. Na znak in po navodilih vodje monterske ekipe se prične dviganje membrane (Slika 54a). Dviganje se izvaja počasi in z maksimalno pazljivostjo. Ko je ponjava približno na pravem mestu na konstrukciji se lahko prične spuščanje. Ob spuščanju dvigali hkrati vlečeta membrano vsak proti svojemu koncu. Po uspešno odloženi membrani se le ta nemudoma fiksira na konstrukcijo, saj bi jo drugače lahko veter vrgel na tla in povzročil veliko škodo.



Slika 54: a) Dviganje membrane na konstrukcijo, b) raztegovanje membrane po konstrukciji (vir: lasten vir).

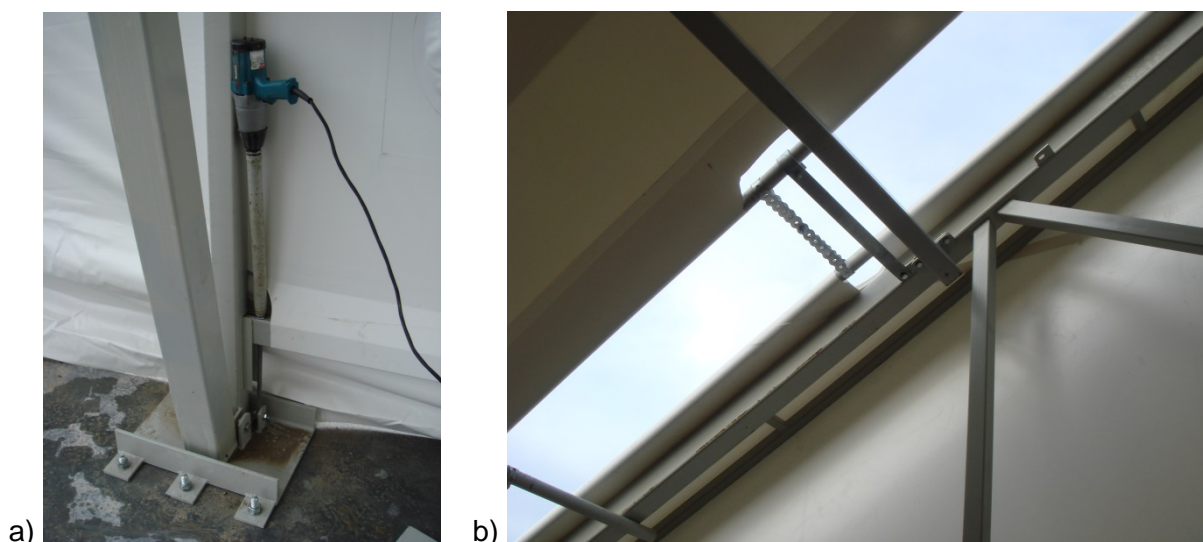
Sledi postopek raztegovanja membrane po nosilni konstrukciji (Slika 54b). Zaradi velike površine in posledično velike teže prekritja se za razgrinjanje uporabljajo razni škripci (Slika 55b), ročna vlečna dvigala (Slika 55a), povezovalni trakovi in podobno. Tukaj je zelo pomembna usklajenost in izkušnost monterske ekipe, saj mora delo potekati hitro in tekoče.



Slika 55: a) Ročno vlečno dvigalo, b) škripec (vir: lasten vir).

5.3.9 Pritrjevanje in napenjanje membrane na konstrukciji

Ko je membrana raztegnjena in poravnana po konstrukciji, jo je potrebno pritrditi z napenjalnimi cevmi in povezovalnimi trakovi. Ponjava se na konstrukcijo pritrdi s cevmi, katere se napenjajo s pomočjo navojnih palic in ustreznega orodja (Slika 56a). Na ta način se lahko ponjavo ustrezno napne, kar omogoča lep izgled in dolgo življenjsko dobo. Strešna ponjava se s čelnima ponjavama spoji z okroglimi cevmi in s perforiranim trakom na ustreznih razdaljah (Slika 56b). Večja kot je snežna in vetrna obtežba, ter večji kot je razpon konstrukcije, več je pritrditvenih mest membrane na konstrukcijo.



Slika 56: a) Napenjanje ponjave z navojnimi palicami, b) napenjanje ponjave s perforiranim trakom (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

Prekritje je potrebno večkrat kontrolirati in po potrebi dodatno napeti že med montažo. Prav tako pa je kontrola priporočljiva tudi po končani montaži, saj se zaradi temperaturnih sprememb in zunanjih obtežb material razteza in krči, zaradi česar lahko pride do ohlapnosti (Slika 57).



Slika 57: Pritrjena in pravilno napeta membranska kritina na jekleni konstrukciji (vir: Konstrukcije Schwarzmann d.o.o.).

5.3.10 Zaključevanje objekta

Po uspešno zaključenih predhodnih fazah so na koncu za dober izgled objekta pomembni tudi zaključki. Nekateri proizvajalci temu področju posvetijo več časa, drugi zopet nekoliko manj. Membrano je potrebno okoli objekta na podlago pritrditi in zatesniti, da se prepreči vdor meteorne vode. Namestiti je potrebno tudi aluminijaste profile okoli odprtin in po prvem ter zadnjem nosilnem loku s čimer se pritrdi membrana na konstrukcijo in prepreči njena poškodba na vogalih. V kolikor ima objekt dodatno opremo, kot so vrata, okna, prezračevanje in podobno je potrebno tudi to namestiti pravilno in strokovno.

6 Zaključek

Področje jeklenih šotorskih konstrukcij se na trgu dandanes pojavlja vse bolj pogosto. Investitorji so prisiljeni v hitre in cenovno ugodne investicije, kar pa jim takšni objekti omogočajo. Žal se na trgu pojavlja vedno več ponudnikov, ki se ukvarjajo zgolj s preprodajo konstrukcij, ki ne zadoščajo niti najmanjšim zahtevam, ki veljajo v državi, kjer bo konstrukcija postavljena. Hkrati membrana kot material zahteva precejšnjo mero znanja in izkušenj, da se lahko izdelata kvaliteten končni izdelek. Težave se največkrat pojavijo z neustrezno nosilnostjo, slabo kvaliteto vgrajenih materialov, neustrezno dokumentacijo in kasnejšo podporo kupcu.

V skandinavskih državah so jeklene šotorske konstrukcije zelo razširjene in dobro sprejete v okolju in med investitorji že kar nekaj časa. V Sloveniji se je v zadnjih letih na tem področju naredilo veliko, tako na področju razvoja, kot na številu postavljenih objektov. Zato je vedno več investitorjev, ki si za svojo novogradnjo izberejo jekleno konstrukcijo prekrito z membrano. Takšna izbira jim omogoča hitro postavljen in povsem uporaben pokrit prostor bodisi za skladišče, parkirišče, športno dvorano ali kaj podobnega. Istočasno lahko investitor prihrani ogromno časa in finančnih sredstev pri pripravi podlage, saj je montaža možna tudi brez betonske podlage.

Z ustrezno projektirano in izvedeno konstrukcijo ni razloga, da objekt ne bi služil svojemu namenu kvalitetno in dolgo. Zaradi dobre korozijske zaščite in vedno boljših materialov je življenjska doba povsem primerljiva z zidanimi objekti. Pomembno je, da se tekom uporabe objekta redno kontrolira stanje membrane in morebitne poškodbe konstrukcije zaradi zunanjih poškodb, ter da se jih čim prej sanira.

VIRI

- [1] Funda, S. 2014. Izdelava projektne dokumentacije jeklenih konstrukcij. Diplomsko delo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba S. Funda): 2 str.
- [2] Plazemsko rezanje. 2016.
https://sl.wikipedia.org/wiki/Plazemsko_rezanje (Pridobljeno 10.07.2016.)
- [3] Operating instruction. Fa. Iselautomation KG. 20/2003.
https://www.isel.com/hu/downloads/dl/file/id/4285/operating_instruction_remote.pdf
(Pridobljeno 19.07.2016.)
- [4] Premazi za kovinsko industrijo. 2016.
<http://www.helios.si/slo/prodajni-program/premazi-za-kovinsko-industrijo/jeklene-konstrukcije> (Pridobljeno 20.06.2016.)
- [5] Tešić, D. 2013. Vzdrževanje jeklenih konstrukcij Projektna naloga, Maribor, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba D. Tešić): 9-11 str.
- [6] Abrasive Blast. 2016.
<http://www.neumanncontractors.com.au/projects/abrasive-blasting/blast-and-paint-winch> (Pridobljeno 30.06.2016.)
- [7] Priročnik za inženirje in arhitekta: Vroče pocinkanje. Celje, 2007: 6, 49 str.
- [8] Asimetričen izdelek in preprečevanje termične deformacije. 2016. Pocinkovalnica d.o.o..
http://www.pocinkovalnica.si/docs/termicna_deformacija.pdf (Pridobljeno 30.06.2016.)
- [9] Proces cinkanja. 2016. Pocinkovalnica d.o.o..
<http://www.pocinkovalnica.si/cinkanje/proces-cinkanja.html> (Pridobljeno 30.06.2016.)
- [10] Vroče cinkanje. 2016. Koritnik s.p..
<http://www.koritnik.si/storitve/vroce-cinkanje> (Pridobljeno 05.07.2016.)
- [11] Lavrič, A. 2011. Uporaba membran iz oslojenih tkanin za fasadne in strešne sisteme jeklenih konstrukcij. Diplomsko delo, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Lavič): 24, 25, 40, 42, 43, 44, 45 str.
- [12] Prosail. 2016. Cutter.
<http://www.prosailcutter.com/gallery.html> (Pridobljeno 08.07.2016.)
- [13] Forsstrom. 2016. HF Welding machine.

- http://www.forsstrom.com/pages/default_uk.asp?sectionid=811 (Pridobljeno 08.07.2016.)
- [14] Rak G. 2011. Logistika notranjega transporta in skladiščenja. 39 str.
- [15] Izposoja mehanizacije. 2016. Riwal.
<https://www.riwal.com/slovenia/sl-si/dvizne-ploscadi> (Pridobljeno 08.07.2016.)
- [16] Izposoja avtodvigal. 2016. Dvig d.o.o..
<http://www.dvig.si/si/dvig/1/avtodvigala.html> (Pridobljeno 12.07.2016.)
- [17] Majkić B. 2012. Kemična sidra v gradbeništvu. Revija gradbenik, 16, 12: 40-41.
- [18] Postopek sidranja s kemičnimi in mehanskimi sidri. 2016. Epro d.o.o..
<http://www.epro-adria.si/vijaki-sidra-vlozki> (Pridobljeno 12.07.2016.)
- [19] Prodaja orodja. 2016. Team special d.o.o..
<http://www.s-tools.si/podrobnosti/product/moment-kljuc-34-100-500-nm.1468.html>
(Pridobljeno 14.07.2016.)

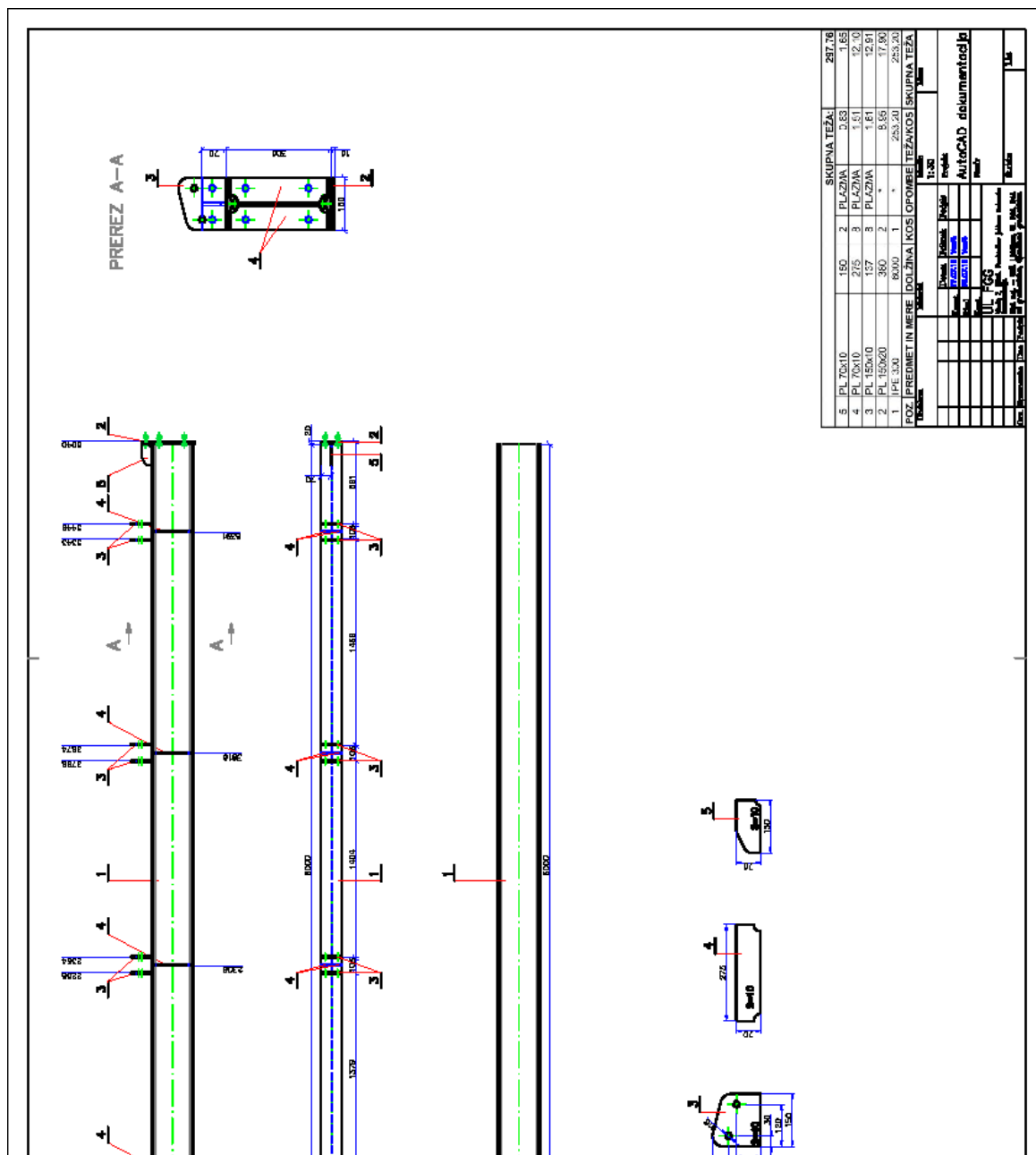
»Ta stran je namenoma prazna.«

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: Delavniška dokumentacija izdelana v AutoCAD programskem okolju.

PRILOGA B: Delavniška dokumentacija izdelana v HiCAD programskem okolju.

PRILOGA A: AutoCAD izpis.



PRILOGA B: HiCAD izpis.

